

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**SEDE REGIONAL DEL NORTE**  
**RECINTO UNIVERSITARIO AUGUSTO C. SANDINO**

**Tesis Monográfica para Optar al Título de Ingeniero Agroindustrial**

“Evaluación del uso de biofermento a partir de suero lácteo, como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la planta de tratamiento de Ocotal”

**Autoras:**

Br. Jaritza Lisseth Rojas Parrilla.

Br. Sara Lila Armas Bojorge.

**Tutores:**

Mba. Ing. Xochilth Graciela Aráuz Cruz

Msc. Claudio Benito Pichardo Hernández

**Asesor:**

Msc. Luis María Dicovski Riobò

Estelí, 24 de noviembre de 2015



### ***Dedicatoria***

A Dios el creador de nuestras vidas, por ofrecernos día con día la constancia, sabiduría y fuerza para concluir con esta etapa de formación.

A nuestra familia, por su esfuerzo, arduo trabajo y dedicación incondicional en nuestra formación profesional, moral y ética.

A todas las personas, que de una u otra manera nos apoyaron en todo nuestro proceso investigativo y profesional.

A nuestros tutores y asesor, por su valioso tiempo, ejemplo y empeño para guiarnos durante todo el proceso de presente trabajo.

### ***Agradecimientos***

Le damos gracias a **Dios** por la sabiduría, la salud y perseverancia para seguir adelante en nuestra formación profesional.

A nuestra **familia**, por ser los ejes elementales que nos impulsaron para lograr nuestras metas y propósitos.

A nuestros **docentes**, por brindarnos todos sus conocimientos a manos llenas e instarnos a seguir adelante a pesar de cualquier problema o dificultad.

A nuestros tutores **Mba. Xochilth Aráuz** y **Msc. Claudio Pichardo**, y asesor **Msc. Luis Dicoyskiy**, por su disposición a cualquier consulta o petición requerida para nuestra realización profesional y por su disponibilidad en todo momento, a la **Lic. Migdalia Cantarero** y al **Ing. Norberto Fajardo**, ambos funcionarios de ENACAL quienes nos han apoyado y abierto sus puertas de manera incondicional.

Así mismo la presente investigación contó con el apoyo técnico del Programa para las Naciones Unidas y el Desarrollo PNUD, por lo que extendemos hasta esta institución nuestros más sinceros agradecimientos.

## Resumen Ejecutivo

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el uso de biofermento a partir de suero lácteo como tratamiento de aguas residuales, utilizando muestras del efluente generado del tratamiento secundario de la planta de tratamiento de aguas residuales de la Ciudad de Ocotlán, con el objetivo de proponer una tecnología que reduzca la contaminación bacteriana en los efluentes que son vertidos en la fuente hídrica del río Coco. Para el desarrollo de esta investigación del tipo experimental se trabajaron muestras diferentes en tiempos de incubación para conocer las variabilidades de los mismos, en correspondencia con una muestra de agua residual tratada como testigo; destacando que el método de funcionamiento del biofermento se debe a su composición rica en microorganismos eficientes aportados por sus ingredientes y su período fermentativo. Esta mezcla está compuesta por melaza (20%), semolina (1%), abono orgánico (lombrihumus) (59%) y suero láctico (20%).

A través de este proceso se logró identificar que la muestra que presentó el cambio más importante fue la dosis con un 4% con respecto a un tiempo de 67 días correspondiente al tratamiento 3 en lo que respecta a coliformes fecales y totales mostrando valores promedios de  $4 \times 10^4$  NMP<sup>1</sup>/100ml lo que puede comprobar que existe reducción de estas bacterias en comparación a la muestra testigo que presentaba valores mayores a  $>1.6 \times 10^6$  NMP/100ml. Durante la revalidación de los datos se obtuvo como resultado que la dosis del 8% siendo de producto con un tiempo de nueve días, logra reducir significativamente la bacteria E. Coli hasta 4.67 (UFC<sup>2</sup>/2ml) en promedio con respecto a la muestra de agua residual proveniente del tratamiento secundario que presentó una cantidad incontable de colonias.

Para implementar esta tecnología se determinó que el costo total de producción de 10 litros de biofermento es de C\$250.29 donde se tomó en cuenta el costo de la materia prima e insumos, mano de obra C\$222.95 y servicios básicos C\$27.33. Durante el análisis comparativo realizado con los productos vigentes en el mercado actual; estos presentan desventajas tales como: accesibilidad a las

---

<sup>1</sup> Número mas probable

<sup>2</sup> Unidades Formadoras de Colonias



tecnologías, las concentraciones a las que se deben aplicar, algunas de estas deben de diluirse con otros nutrientes para ser activados, destacándose que aunque el coagulante evaluado presenta costos mas altos, este es efectivo a esa concentración, además es de fácil elaboración, las materias primas son residuos generados de las industrias y por lo tanto, que se pueden obtener fácilmente y no necesitan de nutrientes adicionales para validar su efectividad.

## Índice de contenido

Resumen Ejecutivo .....	I
I. Introducción .....	1
II. Objetivos .....	3
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos .....	3
III. Justificación .....	4
IV. Marco teórico .....	6
4.1. Concepto de biofermento .....	6
4.2. Caracterización del biofermento .....	6
4.3. Generalidades de las aguas residuales .....	6
4.3.1. Propiedades físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales .....	7
4.3.2. Mecanismo de tratamiento de aguas residuales .....	12
4.4. Características de las bacterias presentes en el biofermento y su método de acción en el tratamiento de las aguas .....	20
4.5. Mecanismo de acción del biofermento en las aguas residuales tratadas .....	21
4.6. Normativas nacionales de control de la contaminación y re-uso de las aguas residuales tratadas .....	22
4.6.2. Normativa de control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales, domésticas, industriales y agropecuarias .....	22
4.6.3. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamiento y su re-uso .....	24
4.7. Costos de producción o transformación .....	27
4.7.2. Elementos de los costos y su flujo .....	28
4.7.3. Costos fijos y costos variables .....	28
4.7.4. Costos directos e indirectos .....	29
V. Hipótesis .....	30

VI. Metodología.....	31
6.1. Ubicación del estudio .....	31
6.2. Tipo de investigación .....	31
6.3. Diseño Metodológico.....	31
6.3.1. Formulación del biofermento .....	31
6.3.2. Caracterización del biofermento .....	333
6.3.3. Caracterización de las aguas residuales tratadas previas al tratamiento .....	333
6.3.4. Evaluación del efecto del biofermento .....	34
6.3.5. Determinación de costos .....	43
6.4. Actividades por objetivos específicos .....	44
6.5. Población .....	46
6.6. Muestra.....	46
6.7. Procesamiento y análisis de la información.....	46
VII. Análisis y presentación de resultados.....	47
7.1. Formulación del biofermento de suero lácteo.....	47
7.2. Caracterización del biofermento.....	47
7.3. Caracterización de las aguas residuales .....	48
7.4. Determinación del efecto del biofermento en las aguas residuales tratadas 49	
7.4.1. Efecto del biofermento en las muestras de dos litros .....	49
7.4.2. Efecto del biofermento en las muestras de tres litros.....	55
7.4.3. Efecto del biofermento en las muestras de cuatro litros .....	60
7.4.4. Efecto del biofermento en las muestras de cinco litros .....	65
7.4.5. Consolidado de las muestras evaluadas en la primera etapa de la investigación.....	70
7.4.6. Análisis de varianza y Tablas de Contingencia de las muestras con respecto a los tratamientos.....	74

7.4.7. Revalidación de datos de la evaluación del biofermento.....	89
7.5. Determinación de costos de producción.....	102
7.5.1. Costos variables .....	102
7.5.1.1. Salario y prestaciones de la mano de obra directa .....	102
7.5.1.2. Costos de materia prima y otros gastos para producir 10 litros.....	103
7.5.2. Costos fijos .....	104
7.5.3. Costos de elaboración .....	104
7.5.4. Análisis comparativo del coagulante en relación a otros productos	105
VIII. Conclusiones .....	108
IX. Recomendaciones .....	110
X. Bibliografía .....	111
XI. Glosario de términos .....	119
XII. Anexo .....	130

## Índice de Tablas

Tabla 1. Rangos y límites máximos permisibles para población hasta 75,000 habitantes. ....	23
Tabla 2. Criterios según el Tipo de Categoría de Riesgos .....	25
Tabla 3. Límites Máximos Permisibles para aguas residuales de Re-uso .....	26
Tabla 4. Límites Máximos permisibles para aguas de re-uso con Metales Pesados (Continuación).....	27
Tabla 5. Porcentajes de materias primas en la formulación del producto .....	32
Tabla 6. Parámetros microbiológicos y métodos analíticos utilizados para el biofermento. ....	33
Tabla 7. Parámetros Químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la muestra de aguas residuales tratadas previas al tratamiento. ....	34
Tabla 8. Tratamientos Vs tiempo de residencia.....	36
Tabla 9. Parámetros físico- químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la I etapa .....	37
Tabla 10. Parámetros microbiológicos y métodos analíticos utilizados para el biofermento en la II etapa.....	39
Tabla 11. Parámetros físico- químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la II etapa. ....	40
Tabla 12. Dosificaciones aplicadas en la etapa de revalidación .....	42
Tabla 13. Resultados de los análisis microbiológicos del biofermento en la I fase .....	47
Tabla 14. Consolidado de tratamientos y muestras en los diferentes tiempos	70
Tabla 15. Análisis de la varianza de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	74
Tabla 16. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de DBO .....	75
Tabla 17. Test LSD de Fisher de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .	75
Tabla 18. Análisis de la varianza de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	76
Tabla 19. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) .....	76
Tabla 20. Test LSD de Fisher de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) ....	77
Tabla 21. Análisis de la varianza de Coliformes Fecales.....	77
Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Coliformes Fecales	78

Tabla 23. Test LSD de Fisher de Coliformes Fecales .....	78
Tabla 24. Análisis de la varianza de coliformes Totales .....	79
Tabla 25. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de coliformes Totales	79
Tabla 26. Test LSD de Fisher de coliformes Totales .....	80
Tabla 27. Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH).....	80
Tabla 28. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del Potencial de Hidrógeno (pH) .....	81
Tabla 29. Análisis de Varianza de los Sólidos Totales (ST) .....	81
Tabla 30. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de los sólidos totales (ST).....	81
Tabla 31. Test LSD de Fisher de los Sólidos Totales .....	82
Tabla 32. Frecuencias absolutas de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	83
Tabla 33. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .....	83
Tabla 34. Frecuencias absolutas de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)	84
Tabla 35. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	84
Tabla 36. Frecuencias absolutas de coliformes Fecales .....	84
Tabla 37. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de coliformes Fecales .....	85
Tabla 38. Frecuencias absolutas de coliformes Totales .....	85
Tabla 39. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de coliformes Totales .....	86
Tabla 40. Frecuencias absolutas en pH .....	86
Tabla 41. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) .....	87
Tabla 42. Frecuencias absolutas en sólidos totales .....	87
Tabla 43. Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) .....	87
Tabla 44. Resumen de los resultados de la I etapa.....	88
Tabla 45. Análisis comparativo de los resultados con normativas nacionales .	89
Tabla 46. Resultados de los análisis microbiológicos del biofermento en la II fase .....	90
Tabla 47. Análisis de la varianza de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml)).....	92
Tabla 48. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml)) .....	92

Tabla 49. Test de Duncan de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml)) .....	92
Tabla 50. Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH).....	94
Tabla 51. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del Potencial de Hidrógeno (pH) .....	94
Tabla 52. Test de Duncan del Potencial de Hidrógeno (pH) .....	94
Tabla 53. Análisis de la Varianza de Sólidos Totales (ST) .....	95
Tabla 54. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Sólidos Totales..	95
Tabla 55. Test de Duncan de Sólidos Totales .....	96
Tabla 56. Consolidado de las muestras en la segunda fase .....	97
Tabla 57. Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades en Escherichia Coli .....	98
Tabla 58. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados en Escherichia Coli .....	98
Tabla 59. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) en Escherichia Coli.	99
Tabla 60. Porcentaje de concentraciones estimadas por dosis según el modelo de regresión .....	99
Tabla 61. Resumen de los resultados II Etapa. ....	101
Tabla 62. Salario y prestaciones sociales .....	102
Tabla 63. Costos de materia prima para producir 10 litros .....	103
Tabla 64. Otros gastos para producir 10 litros.....	103
Tabla 65. Costos fijos.....	104
Tabla 66. Costos totales de producción para producir 10 litros .....	104
Tabla 67. Costo variable unitario y costo unitario del producto.....	105
Tabla 68. Coagulantes comerciales vs biofermento .....	106
Tabla 69. Dotación y demanda de agua para consumo .....	131
Tabla 70. Parámetros de determinación del caudal de aguas residuales domésticas que entran a la planta de tratamiento. ....	132
Tabla 71. Valor pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros. ....	133
Tabla 72. Valor de concentración de sólidos totales durante los tratamientos con las muestras de dos litros.....	133
Tabla 73. Valor pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	133

Tabla 74. Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	134
Tabla 75. Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatros litros. ....	134
Tabla 76. Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	134
Tabla 77. Valor de pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	135
Tabla 78. Valor de concentración de sólidos totales en cada tratamiento en las muestras de cinco litros. ....	135
Tabla 79. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros. ....	135
Tabla 80. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros. ....	136
Tabla 81. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	136
Tabla 82. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	136
Tabla 83. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	137
Tabla 84. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	137
Tabla 85. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	137
Tabla 86. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	138
Tabla 87. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros. ....	138
Tabla 88. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros. ....	138
Tabla 89. Valor de concentración de Coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	139
Tabla 90. Valor de Concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros. ....	139



Tabla 91. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	139
Tabla 92. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	140
Tabla 93. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.....	140
Tabla 94. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.....	140

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Elaboración del biofermento.....	32
Ilustración 2. Mezclado de las materias primas .....	32
Ilustración 3. Diseño Muestral. ....	35
Ilustración 4. Mezclado de las materias primas .....	39
Ilustración 5. Materias primas .....	39
Ilustración 6. Sellado de la mezcla para la fermentación .....	39
Ilustración 7. Producto fermentado.....	39
Ilustración 8. Placas de Petri films.....	41
Ilustración 9. Cintas de pH .....	41
Ilustración 10. Determinación de sólidos totales.....	41
Ilustración 11. Muestras de agua con biofermento .....	42
Ilustración 12. Muestras de Aguas residuales tratadas .....	49
Ilustración 13. Muestra testigo incubada .....	93
Ilustración 14. Muestras incubadas .....	93
Ilustración 16. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno de la muestra de agua residuales tratadas. ....	144
Ilustración 17. Certificado de ensayo de Coliforme fecal y total en la muestra de agua residuales tratadas. ....	145
Ilustración 18. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del primer tratamiento. ....	146
Ilustración 19. Certificado de ensayo de Coliforme Total y fecal de la muestras de dos litros del primer tratamiento. ....	147
Ilustración 20. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestra de tres litros del primer tratamiento. ....	148
Ilustración 21. Certificado de ensayos de Coliforme Fecal y Total en las muestras de tres litros del primer tratamiento. ....	149
Ilustración 22. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del primer tratamiento. ....	150
Ilustración 23. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del primer tratamiento. ....	151

Ilustración 24. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del primer tratamiento. ....	152
Ilustración 25. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del primer tratamiento.....	153
Ilustración 26. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del tratamiento dos.....	154
Ilustración 27. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento dos. ....	155
Ilustración 28. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento dos.....	156
Ilustración 29. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento dos. ....	157
Ilustración 30. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento dos.....	158
Ilustración 31. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del tratamiento dos. ....	159
Ilustración 32. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento dos. ....	160
Ilustración 33. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento dos. ....	161
Ilustración 34. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno de muestras de dos litros del tratamiento tres.....	162
Ilustración 35. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento tres. ....	163
Ilustración 36. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento tres. ....	164
Ilustración 37. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento tres. ....	165
Ilustración 38. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento tres.....	166
Ilustración 39. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del tratamiento tres. ....	167
Ilustración 40. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento tres. ....	168

Ilustración 41. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento tres.....	169
Ilustración 42. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del tratamiento cuatro.....	170
Ilustración 43. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento cuatro. ....	171
Ilustración 44. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento cuatro. ....	172
Ilustración 45. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento cuatro. ....	173
Ilustración 46. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento cuatro.....	174
Ilustración 47. Certificado de ensayo de Coliforme Total y Fecal en muestras de cuatro litros del tratamiento cuatro. ....	175
Ilustración 48. Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento cuatro. ....	176
Ilustración 49. Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento cuatro.....	177
Ilustración 50. Informe de resultados de ensayo de microbiología del biofermento. ....	178
Ilustración 51. Informe de resultados de ensayo de microbiología del biofermento de la II Fase .....	179

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Estimación del caudal de aguas residuales domésticas .....	130
Ecuación 2. Población futura.....	130

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros. ....	50
Gráfico 2. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros. ....	50
Gráfico 3. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros. ....	52
Gráfico 4. Valor de concentración de coliformes Fecales durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros. ....	53
Gráfico 5. Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros. ....	54
Gráfico 6. Valor de concentración de sólidos totales durante los tratamientos con las muestras de dos litros.....	55
Gráfico 7. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.....	56
Gráfico 8. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.....	56
Gráfico 9. Valor de concentración de Coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros. ....	57
Gráfico 10. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros. ....	58
Gráfico 11. Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros. ....	58
Gráfico 12. Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros. ....	59
Gráfico 13. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	60

Gráfico 14. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	61
Gráfico 15. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	62
Gráfico 16. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	63
Gráfico 17. Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	64
Gráfico 18. Valor de concentración de Sólidos Totales durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros. ....	64
Gráfico 19. Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	66
Gráfico 20. Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	66
Gráfico 21. Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.....	67
Gráfico 22. Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.....	68
Gráfico 23. Valor de pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros. ....	69
Gráfico 24. Valor de concentración de sólidos totales en cada tratamiento en las muestras de cinco litros. ....	70
Gráfico 25. Comportamiento de las muestras en la II Fase. ....	90
Gráfico 26. Recta de regresión de Escherichia Coli. ....	100

## **I. Introducción**

Las aguas residuales son aquellos desechos que resultan de la utilización de agua en actividades domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y pecuarias y en general de cualquier uso, o la mezcla de ellos, así mismo, las que se alteran o modifican su calidad, presentando características físicas, químicas o biológicas que afecten o puedan afectar los cuerpos receptores en donde se vierten (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2006). El tratamiento que le da la planta a estos efluentes en la ciudad de Ocotal ha sido una alternativa en la disminución de contaminación ambiental, sin embargo la etapa de tratamiento biológico no trabaja con la eficiencia esperada, según información proporcionada por la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (**ENACAL**).

Actualmente las industrias han tenido un crecimiento considerable lo que representa la generación exponencial de subproductos que son perjudiciales para el ambiente. El suero lácteo que se genera producto de la actividad láctea del país, puede ser aprovechado como medio de desarrollo de microorganismos; ya que es una fuente rica en nutrientes y que mediante la combinación de diferentes desechos como melaza, semolina o afrecho de arroz y abono orgánico, se ha de convertir en un biofermento láctico.

En el presente estudio se evaluó la efectividad del uso del biofermento de suero lácteo a escala de laboratorio en muestras de aguas residuales tratadas, provenientes de la salida del tratamiento secundario de la planta de tratamiento de la ciudad de Ocotal, empleando estos efluentes como medio para evaluar la tecnología propuesta como alternativa para la disminución de microorganismos patógenos de origen biológico en el agua y un aprovechamiento de los subproductos de las industrias.

La investigación fue del tipo experimental empleando métodos cualitativos como: elaboración y formulación del biofermento, planteamiento de los montajes para realizar la experimentación, inoculación del producto en las aguas, así mismo utilizando los cuantitativos para la realización de pruebas físico-químicas (Demanda Química de Oxígeno (**DQO**), Demanda Bioquímica de Oxígeno (**DBO**) en la primera etapa, potencial de hidrógeno (**pH**), Sólidos Totales (**ST**) en ambas etapas) y microbiológicas (Coliformes Fecales (**CF**) y Totales (**CT**) en la primera

fase y en la segunda *Escherichia Coli* (**E. Coli**) del agua previa y posterior al tratamiento para determinar sus cambios, documentación de los procesos llevados a cabo y análisis de la información obtenida luego del experimento.

Con la investigación se logró determinar el efecto del uso de esta tecnología en aguas residuales tratadas con el que se llegó a definir cuál tratamiento de los planteados demostró reducción de la bacteria coliforme con respecto a las características del agua recolectadas de la salida del tratamiento secundario, esta variabilidad y los cambios ocasionados en los efluentes se deben a la composición microbiana del producto, caracterizado por tres tipos de bacterias (fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras) contenidas en la mezcla, debido a la combinación de materias primas con nutrientes capaces de desarrollar las mismas.



## **II. Objetivos**

### **2.1.Objetivo general**

Evaluar el uso de biofermento a partir de suero lácteo, como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la planta de tratamiento de Ocotál.

### **2.2.Objetivos específicos**

- Formular el biofermento de suero lácteo por medio de la mezcla de las materias primas (melaza, suero lácteo, abono orgánico y semolina), para su posterior elaboración a escala de laboratorio.
- Caracterizar el biofermento de suero lácteo a través de análisis microbiológicos que permita su aplicación en aguas residuales domésticas tratadas de la Ciudad de Ocotál.
- Determinar las características del efluente tratado en la Ciudad de Ocotál a través de la medición de parámetros químicos y microbiológicos para estimar la carga bacteriana con que son producidas.
- Determinar el efecto del biofermento de suero lácteo en las aguas residuales a través de la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para evaluar las características de las aguas tratadas.
- Determinar los costos de elaboración del biofermento mediante cálculos matemáticos financieros para realizar un análisis comparativo con el precio de otros productos similares.

### III. Justificación

La producción de aguas residuales de origen domésticas en Nicaragua han aumentado como resultado del crecimiento poblacional del país (1.7% anual según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos **(INEC)**, 2005 y 1.3% anual según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo **(INIDE)**, 2008), eso ha ocasionado la explotación de los recursos hídricos y aumento de las industrias, lo que se considera un problema ambiental.

A este tipo de problema que aqueja al país, el gobierno en conjunto con empresas encargadas de buscar alternativas de desarrollo, están implementando sistemas de plantas de tratamiento de estas aguas, las cuales no trabajan con la eficiencia necesaria; que según los encargados de la planta de tratamiento; esto es debido a los altos costos de mantenimiento, mejora continua de los diseños de las mismas y por ende a la disponibilidad de recursos para la actualización de tecnologías del sector. Algunas no cuentan con un sistema terciario; por lo tanto, no permiten una completa reducción de materia orgánica lo que genera contaminación para las fuentes receptoras y el medio.

La dinámica económica del país se ha venido acelerando cada día, incrementándose la actividad industrial, producto de las mismas surgen subproductos o desechos que de igual manera contribuyen a la contaminación de las fuentes hídricas. Entre los subproductos que se generan se encuentra el suero lácteo, que es un residuo producto de la transformación de la leche. (Lanuza Armas, 2012) afirma: “Que se obtiene un equivalente al 84.4% de suero en relacion a la materia prima utilizada durante el proceso”. Siendo este el principal agente de deterioro de los mantos acuíferos; la melaza residuo de la industria azucarera rica en azúcares, idónea como alimento de microorganismos; también se produce la semolina, que es un subproducto obtenido en el proceso del pulido para la obtención de arroz blanco para consumo humano. (Fondo de desarrollo de la industria lactea) expresa: “que este representa del orden del 8% del peso del grano”. Y el abono orgánico que es un conjunto de materia orgánica que pasa por un proceso de descomposición o fermentación. Este proceso es de forma natural por la acción del agua, aire, sol y microorganismos usando desechos de las actividades ganaderas (producción de estiércol) y producción de desechos vegetales como rastrojos y residuos de alimentos, por lo que resulta necesario

plantear alternativas de aprovechamiento de estos residuos por la variedad de aplicaciones que pueden tener debido a que son ricos en nutrientes.

Como parte del aprovechamiento de estos contaminante de las industrias se planteó una alternativa de desarrollo en la producción de un biofermento a partir la mezcla de estos residuos que se complementan para formar un caldo rico en microorganismos ideal para reducir coliformes por lo que se propuso utilizarlo como coagulante para el tratamiento de aguas residuales tratadas y de esa forma disminuir la contaminación ambiental.

Esta tecnología de ser eficiente beneficia de manera directa a la conservación del medio ambiente debido a que utiliza desechos para reducir otro tipo de contaminante como lo es coliformes en el agua, colocándose como un producto sostenible; ya que es elaborado a partir de la mezcla de subproductos de las actividades industriales. Así mismo se puede tomar en consideración para ser utilizado en las plantas de tratamiento de aguas residuales tanto en el casco urbano como rural, ya que se podría determinar que el producto contribuye así mismo a la reducción de malos olores y elementos tóxicos. Colaborando al bienestar de la población en general.

Esta investigación tuvo como objetivo fundamental evaluar un biofermento elaborado a partir de residuos como: abono orgánico, melaza, suero lácteo y semolina mezcla que fue empleada como alternativa para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Para efectos del estudio esta se realizó a escala de laboratorio donde se recolectaron muestras provenientes de la salida del tratamiento secundario de la planta de tratamiento de Ocotlán.

De no llevarse a cabo esta propuesta de investigación no se tomaría en cuenta una alternativa de aprovechamiento de residuos generados de las diferentes industrias principalmente de las lácteas que generan contaminación a las aguas y empleando este recurso para disminuir la contaminación que generan estas aguas residuales domésticas.

#### **IV. Marco teórico**

En este capítulo se detallan las bases teóricas que sustentan la investigación y permitirán un desarrollo integral del proyecto, donde se abordarán conceptos y argumentos concernientes al biofermento, aguas residuales, costos de producción y aspectos relevantes de las normas nacionales que se detallan a continuación:

##### **4.1. Concepto de biofermento**

Los biofermento son un cultivo mixto de microorganismos benéficos de ocurrencia natural, que pueden ser aplicados como inoculantes, contienen especies seleccionadas de microorganismos incluyendo bacterias ácido lácticas, levaduras y un número más pequeño de bacterias fotosintéticas que son capaces de coexistir en un cultivo líquido. (Higa, 1991)

##### **4.2. Caracterización del biofermento**

El biofermento es una combinación de microorganismos eficientes (EM), el cual es un concentrado líquido que contiene unas 80 variedades de microorganismos que incluye tanto especies aeróbicas que respiran oxígeno, como anaeróbicas tipo las fotosintéticas y cuyo logro es que coexistan y se complementen lo que les confiere un alto poder antioxidante efectivos degradadores de materia orgánica. (Higa, 2002)

La base tecnológica de EM es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos entre ellos bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas* sp), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp) y levaduras (*Sacharomyces* sp) y en menor cantidad, hongos actinomicetes, todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, para mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno. (Balan & Martinez, 2007)

##### **4.3. Generalidades de las aguas residuales**

Las aguas residuales son aquellos desechos que resultan de la utilización de agua en actividades domésticas, comerciales, industriales, agrícolas y pecuarias y en general de cualquier uso, o la mezcla de ellos, asimismo, las que se alteran o modifican su calidad, presentando características físicas, químicas o biológicas

que afecten o puedan afectar los cuerpos receptores en donde se vierten. (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2006)

#### **4.3.1. Propiedades físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales**

En este acápite se detallan conceptos generales de las características propias de las aguas residuales, que permiten identificar el nivel de contaminación que presentan.

##### **4.3.1.1 Propiedades físicas y químicas**

Las aguas residuales tienen una variedad de propiedades que pueden influir tanto en sus características físicas como químicas e incluso microbiológicas.

###### **4.3.1.1.1. Propiedades Físicas**

**Sólidos:** “Los sólidos totales representan la totalidad de material suspendido y disuelto que contiene el agua, y se determinan evaporando y secando la muestra de agua a una temperatura definida (103-105°C)”. (García Hololavsky, 2012)

**Olor:** “El olor de un agua residual fresca es en general inofensivo, pero una gran variedad de compuestos malolientes son liberados cuando se produce la degradación biológica bajo condiciones anaeróbicas de las aguas residuales”. (McGRAW HILL, 2001)

**Temperatura:** La temperatura del agua residual es por lo general mayor que la temperatura del agua para abastecimiento como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente del uso doméstico e industrial. La medición de la temperatura es importante, ya que muchos de los sistemas de tratamientos de aguas residuales incluyen procesos biológicos que dependen de la temperatura. (McGRAW HILL, 2000)

**Color:** “El color es una característica física del agua producida por sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran en solución o en forma de partículas coloidales”. (García Hololavsky, 2012)

**Densidad:** (McGRAW HILL, 2000) establece: “Es una característica física de gran importancia a la hora de establecer la formación potencial de corrientes de

densidad en sedimentadores, humedales, artificiales y otras unidades de tratamiento”.

**Gravedad específica:** (McGRAW HILL, 2001) define: “Como densidad del agua residual entre la densidad del agua. Depende de la temperatura y de la concentración de sólidos totales presentes en las aguas residuales”.

**Peso Específico:** “Definido como su peso por unidad de volumen”. (McGRAW HILL, 2001)

**Conductividad:** “La conductividad es la propiedad que presentan las soluciones para conducir el flujo de la corriente eléctrica y depende de la presencia de iones, su concentración y la temperatura de medición”. (Londoño, Giraldo, & Gutiérrez, 2010)

**Turbiedad:** La turbiedad es una característica física del agua producida por material suspendido orgánico e inorgánico tal como arcilla, limo plancton, microorganismos o materia orgánica e inorgánica finamente dividida. La turbiedad puede definirse como la expresión de la propiedad óptica que causa que la luz sea dispersada o absorbida en lugar de ser transmitida en línea recta a través del agua. (García Hololavsky, 2012)

**pH:** “Es un término de uso general para expresar la magnitud de acidez o alcalinidad. Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrogeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrogeno”. (McGRAW HILL, 2000)

**Acidez:** “La acidez del agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, reaccionar con iones hidroxilos, ceder protones o como la media de su contenido total de sustancias ácidas”. (Muñoz Cruz, 2008)

**Dureza:** “Las dureza es causada por cationes metálicos polivalentes. Estos iones pueden reaccionar con el jabón para formar precipitados y con ciertos aniones presentes en el agua para formar costras”. (McGRAW HILL, 2001)

**Alcalinidad:** La alcalinidad es una medida de la capacidad que tiene el agua para absorber iones hidrógeno sin tener un cambio significativo en su pH (capacidad para neutralizar ácidos). Las sustancias que le imparten alcalinidad al agua son

fundamentalmente, los iones carbonato, bicarbonato e hidróxido. (García Hololavsky, 2012)

#### **4.3.1.1.2. Propiedades químicas de las aguas residuales**

**Cloro residual y demanda de cloro:** El cloro se usa en forma de cloro libre o como hipocloritos. Es común llamar al cloro, al ácido hipocloroso y al ion hipoclorito cloro residual libre, y a las cloraminas cloro residual combinado. La demanda de cloro es la diferencia entre la cantidad de cloro aplicada y la cantidad de cloro libre, combinado o total disponible, remanente al finalizar el periodo de contacto. (McGRAW HILL, 2001)

**Cloruros:** Proviene de tres fuentes principales: disoluciones de rocas y suelos, de agua salada proveniente de las aguas costeras o de aguas residuales agrícolas domésticas o industriales. Precisamente, una alta concentración de cloruro en un agua puede ser indicativa de que se está utilizando por vertido de aguas residuales. (Kangarani, 2011)

**Demanda Bioquímica de Oxígeno:** “Es una medida de la cantidad de oxígeno utilizada por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias, en un periodo de cinco días y a 20°C”. (Muñoz Cruz, 2008)

**Azufre:** La presencia natural del Azufre en aguas residuales y de abastecimiento es debido a su presencia en la síntesis y degradación de las proteínas. Se presenta habitualmente en forma de ión sulfato, el cual puede ser reducido a sulfuros y a sulfuro de hidrógeno anaeróticamente por bacterias. (Kangarani, 2011)

**Metales Disueltos:** “Son aquellos metales presentes en muestras no acidificadas que pasan a través de un filtro de membrana de 0.45µm”. (McGRAW HILL, 2001)

**Gases:** Los más frecuentes son el nitrógeno, el oxígeno (necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida), el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco y el metano. Los tres primeros están presentes en la atmósfera; los tres últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica del agua residual. (Kangarani, 2011)

**Oxígeno disuelto:** “Es el factor que indica el tipo de transformación biológica que está ocurriendo, y si ésta es llevada a cabo por microorganismos aeróbicos o anaeróbicos”. (Londoño, Giraldo, & Gutiérrez, 2010)

**Demanda Química de Oxígeno:** “Es un parámetro analítico de contaminación que mide el material orgánico contenido en una muestra líquida mediante oxidación química”. (Muñoz Cruz, 2008)

**Nitrógeno:** “Los análisis del amoníaco y del nitrógeno orgánico son importantes para determinar si existe suficiente nitrógeno disponible para el tratamiento biológico”. (McGRAW HILL, 2001)

**Sulfato:** El sulfato es uno de los aniones más abundantes en las aguas naturales. Los sulfatos tienen gran importancia porque son directamente responsables de dos problemas serios usualmente asociados con la manipulación y el tratamiento de aguas residuales. Estos son el olor y la corrosión de las alcantarillas, que resultan de la reducción de los sulfatos a sulfuros de hidrógeno en condiciones anaeróbicas. (McGRAW HILL, 2000)

**Fósforo Total:** “Es imprescindible para el desarrollo de los microorganismos de las aguas y en consecuencia para el proceso de depuración biológica. Influye en el transporte y retención de los metales en el agua por el fenómeno de complejoado”. (Kangarani, 2011)

**Aceite y grasa:** “Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo”. (Toapanta, 2009)

**Ácidos volátiles:** “Las determinaciones de ácidos volátiles han sido útiles para dar información acerca de la degradación anaeróbica de la materia orgánica y de las condiciones ambientales más óptimas de las bacterias productoras de metano”. (McGRAW HILL, 2001)

**Flúor:** “El flúor es el más electronegativo de todos los elementos químicos y posee una reactividad química tan intensa que prácticamente no se encuentra en la naturaleza en forma de flúor elemental. Casi siempre se encuentra combinado en forma de fluoruros”. (Londoño, Giraldo, & Gutiérrez, 2010)



#### 4.3.1.2 Propiedades microbiológicas o biológicas

A continuación se describen algunos grupos recomendados como indicadores de la calidad del agua importantes para su valoración:

**Bacterias:** (Arcos, Ávila, Estupiñan, & Gómez, 2005) afirma que: Las bacterias que se encuentran más frecuentemente en el agua son las bacterias entéricas que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando estos microorganismos se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por lo tanto su capacidad de reproducirse y de sobrevivir son limitadas.

El grupo de microorganismos coliformes es adecuado como indicador de contaminación bacteriana debido a que estos son contaminantes comunes del tracto gastrointestinal tanto del hombre como de los animales de sangre caliente, están presentes en el tracto gastrointestinal en grandes cantidades, permanecen por más tiempo en el agua que las bacterias patógenas y se comportan de igual manera que los patógenos en los sistemas de desinfección. (Garrafón, 2007)

“Los microorganismos que conforman el grupo de los coliformes totales; *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Edwardsiella* y *Citrobacter*, viven como saprófitos independientes o como bacterias intestinales; los coliformes fecales (*Escherichia*) son de origen intestinal”. (Acosta Gutiérrez & Vásconez Cadena, 2011)

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta denominación esté ganando más adeptos actualmente, pues sería una forma más apropiada de definir este subgrupo que se diferencia de los coliformes totales por la característica de crecer a una temperatura superior. La capacidad de reproducción de los coliformes fecales fuera del intestino de los animales homeotérmicos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. (Castellón Morales & Torres, 2009)

**Hongos:** Los hongos son protistas heterótrofos, no fotosintéticos y multicelulares. Los hongos se clasifican generalmente por su modo de reproducción, ya que se reproducen sexual o asexualmente, por escisión, germinación o formación de

esporas, la mayoría de los hongos son aerobios estrictos y pueden crecer con muy poca humedad, tolerando un medio ambiente con pH relativamente bajo. El pH óptimo para la mayoría de las especies es de 5.6; en un intervalo de 2 a 9. (Chávez Martínez, 2012)

**Algas:** “Son organismos fotosintéticos muchos de ellos unicelulares, y que cuando son pluricelulares no forman verdaderos tejidos. Algunas de ellas son capaces de utilizar el nitrógeno atmosférico (N<sub>2</sub>) como fuente de nitrógeno, proceso que recibe el nombre de fijación”. (Salvai, 2011)

**Protozoarios:** Son organismos unicelulares. Estos se caracterizan por presentar un metabolismo complejo. Se alimentan a base de nutrientes sólidos, algas y bacterias presentes en organismos multicelulares, como los humanos y animales. Se encuentran frecuentemente en forma de quistes o huevos. En forma de quistes los patógenos son resistentes a la desinfección por cloro. Los parásitos protozoos se eliminan mediante la filtración y aplicación de hipoclorito de sodio. (Lizardi Alegre, 2009)

**Rotíferos:** “Organismos aerobios y multicelulares. Tienen dos conjuntos de cilios en la cabeza que utilizan para moverse y capturar el alimento. Consumen bacterias y partículas de materia orgánica”. (Viracucha Ortiz, 2012)

**Crustáceos:** “Se encuentran en sistemas bien estabilizados utilizando organismos pequeños como fuente principal de alimento. Contribuyen a clarificar el efluente e indican efluentes de alta calidad”. (Vilaseca Vallvé, 2001)

**Virus:** Son parásitos obligados y como tales necesitan de alguien de quien poder vivir. Una vez que lo tienen, dirigen su compleja maquinaria para producir nuevos virus. Muchos virus que producen enfermedades al hombre, se sabe que son excretados en las heces humanas. Por tanto, en el tratamiento de aguas residuales domésticas, debe de asegurarse que estos virus estén debidamente controlados, lo que se logrará mediante cloración y la adecuada evacuación del efluente. (Chávez Martínez, 2012)

#### **4.3.2. Mecanismo de tratamiento de aguas residuales**

El tratamiento de las aguas residuales, tiene como objetivo remover los contaminantes presentes con el fin de hacerlas aptas para otros usos o bien para

evitar daños al ambiente. Para lograr este objetivo se han diseñado mecanismos para su tratamiento los cuales se clasifican en:

#### **4.3.2.1. Tratamientos Preliminares**

(Díaz & López, 2004) establecen que: “El objetivo del tratamiento preliminar consiste en separar de las aguas residuales a aquellos constituyentes que pudiesen interferir en los procesos subsecuentes del tratamiento”.

Los dispositivos para el tratamiento preliminar se diseñan que según (Díaz & López, 2004) afirma que se distribuyen en el siguiente orden para:

- Separar o disminuir el tamaño de los sólidos orgánicos grandes que flotan o están suspendidos. Estos sólidos consisten generalmente en trozos de maderas, telas, papel, basura, junto con algo de materia fecal.
- Separar los sólidos inorgánicos pesados, como la arena, la grava e incluso objetos metálicos; a todo lo cual se llama arena.
- Separar cantidades excesivas de aceites y grasas.

De acuerdo a la calidad del agua se pueden utilizar una o más de las siguientes estructuras para lograr los propósitos antes mencionados.

##### **4.3.2.1.1. Rejillas o enrejados**

Son uno de los primeros métodos para eliminar los contaminantes de mayor tamaño de las aguas residuales. Los enrejados gruesos se utilizan normalmente como primera unidad de tratamiento a fin de proteger el equipo de la planta de tratamiento contra posibles daños físicos. Las rejas gruesas son aquellas que presentan un espaciado de 5 a 15 cm y las rejas finas son aquellas que presentan un espaciado de 1,5 a 2 cm. (Salvai, 2011)

##### **4.3.2.1.2. Tanques de homogenización de caudales**

“La homogenización de caudales se realiza en el tratamiento de aguas residuales para tener caudales de tratamientos iguales y concentraciones de contaminantes mucho más homogéneas. Esta operación produce una mayor efectividad en los tratamientos posteriores”. (Muñoz Cruz, 2008)

##### **4.3.2.1.3. Desarenadores**

El objetivo de esta operación es eliminar todas aquellas partículas de granulometría superior a 200 micras, con el fin de evitar que se produzcan

sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en las fases de tratamiento siguiente. (Hernández Sánchez, 2011)

### **Tipos de desarenadores**

(Hernández Sánchez, 2011), establece que los desarenadores se clasifican en:

**De Flujo Variable:** “La arena se extrae manualmente de un canal longitudinal que tiene una capacidad de almacenamiento de 4-5 días”.

**De Flujo Constante:** Mantienen una velocidad constante de flujo de 0,3 m/s aproximadamente, de forma independiente al caudal que circule por ellos. El canal más utilizado es el Canal Parshall: es un canal simple de paredes paralelas, que sufre un estrechamiento hacia la mitad; si aumenta el caudal aumenta la altura de la lámina de agua, y al revés.

#### **4.3.2.1.4. Desaceitado-desengrasado**

Es una operación que permite la separación de aceites, grasas, espumas y compuestos de vegetales de las aguas. A menudo estas sustancias, en condiciones de estatismo de la solución, tienden a concentrarse en la superficie formando una capa que se puede eliminar fácilmente mediante el uso de trampas de grasa. (Kangarani, 2011)

#### **4.3.2.2. Tratamientos Primarios**

En esta sección se detallan cada una las operaciones de tratamientos primarios que pueden ser aplicados en las plantas de tratamiento de aguas residuales:

##### **4.3.2.2.1. Tanques de sedimentación**

La sedimentación es el proceso más simple y de mayor utilización para el tratamiento de aguas residuales. En efecto, la sedimentación se usa como tratamiento primario y como complemento a los tratamientos secundarios en la mayoría de los sistemas de tratamiento biológico de aguas residuales. (Valencia Montoya, 2005)

(Marìn & Osès, 2013) afirman que: “La tasa de sedimentación se incrementa en algunas plantas de tratamiento industrial, incorporando procesos llamados coagulación y floculación químicas al tanque de sedimentación”.

La coagulación es la desestabilización de las partículas coloidales causadas por la adición de un reactivo químico llamado coagulante el cual, neutralizando sus cargas electrostáticas, hace que las partículas tiendan a unirse entre sí y la floculación está definida como la aglomeración de partículas desestabilizadas en microflóculos y después en los flóculos más grandes que tienden a depositarse en el fondo de los recipientes contruidos para este fin, denominados sedimentadores. (Kangarani, 2011)

#### **4.3.2.2.2. Fosa séptica**

Las fosas sépticas, son tanques prefabricados que permiten la sedimentación y eliminación de floculantes, actuando también como digestores anaerobios. Los elementos básicos de una fosa séptica son, el tanque séptico y el campo de oxidación. En el primero, se sedimentan los lodos y se estabiliza la materia orgánica mediante la acción de bacterias anaerobias. En el segundo, las aguas se oxidan y se eliminan por infiltración. (Marìn & Osès, 2013)

#### **4.3.2.2.3. Flotación**

La flotación es una operación física que consiste en generar pequeñas burbujas de gas (aire), que se asociarán a las partículas presentes en el agua y serán elevadas hasta la superficie, de donde son arrastradas y sacadas del sistema. Obviamente, esta forma de eliminar materia en suspensión será adecuada en los casos en los que las partículas tengan una densidad inferior o muy parecida a la del agua, así como en el caso de emulsiones, es decir, una dispersión de gotas de un líquido inmiscible, como en el caso de aceites y grasas. En este caso las burbujas de aire ayudan a “flotar” más rápidamente estas gotas, dado que generalmente la densidad de estos líquidos es menor que la del agua. (Rodríguez, Letón, Rosal, Dorado, Villar, & Sanz, 2006)

#### **4.3.2.2.4. Tanque Imhoff**

El tanque Imhoff es una unidad de tratamiento primario cuya finalidad es la remoción de sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara. (Gómez Duran, 2013)

“Se divide en 3 compartimientos: 1. Cámara de sedimentación. 2. Cámara de digestión de lodos. 3. Área de ventilación y cámara de natas”. (Gómez Duran, 2013)

#### **4.3.2.3. Tratamientos Secundarios**

Los tratamientos secundarios son predominantemente microbiológicos. El propósito es remover la materia orgánica disuelta y que es biodegradable dentro de la gama de tiempos de residencia hidráulica en que económicamente operan estos sistemas.

Según (Díaz & López, 2004) afirman que: “El objetivo del tratamiento secundario es remover la DBO soluble que se escapa del tratamiento primario, además de remover cantidades adicionales de sólidos suspendidos. Estas remociones se realizan por medio de procesos biológicos”.

“Un tratamiento secundario remueve hasta un 85% de la DBO y los sólidos suspendidos aunque no remueve cantidades significativas de nitrógeno y fosforo, metales pesados, DQO y bacterias patógenas”. (Díaz & López, 2004)

Algunos de ellos son:

##### **4.3.2.3.1. Sistema lagunas de estabilización**

Se entiende por lagunas de estabilización los estanques construidos en tierra, de poca profundidad (1-4 m) y períodos de retención considerable (1-40 días). En ellas se realizan de forma espontánea procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos, conocidos con el nombre de autodepuración o estabilización natural. (Ministerio de Desarrollo, 2000)

De acuerdo a su clasificación y al contenido de oxígeno, las lagunas se clasifican como:

- **Lagunas anaerobias:** Como su nombre indica en las lagunas anaerobias se produce la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. El objetivo primordial de estas lagunas es la reducción de contenido en sólidos y materia orgánica del agua residual para la obtención de un efluente de alta calidad. (Salvai, 2011)

- **Lagunas facultativas:** Las lagunas facultativas son estanques de profundidad más reducida (1.5 a 2.5 m), en las cuales la actividad fotosintética de las algas ejerce un papel preponderante en la capa superior, al mantener un cierto nivel de oxígeno disuelto que varía de acuerdo a la profundidad y hora del día. En zona del fondo se depositan los sólidos suspendidos que sufren un proceso de reducción por estabilización anaerobia. (Correa Restrepo, 2009)
- **Lagunas aeróbicas:** “En estas el oxígeno entregado permite mantener oxígeno disuelto en toda la laguna, y la mezcla es suficiente para mantener los sólidos biológicos en suspensión”. (Pérez Alarcon & Camacho Alcalá, 2011)

#### **4.3.2.3.2. Lodos Activados**

Se denomina de esta forma porque involucra la producción de una masa activada de microorganismos capaces de estabilizar un residuo en forma aeróbica. El proceso de lodos activados básicamente consiste en una unidad que pone en contacto los lodos activados con las aguas residuales que contienen materia orgánica finamente dividida al estado coloidal y en solución. (Díaz & López, 2004)

#### **4.3.2.3.3. Filtro anaerobio de flujo ascendente**

Este tipo de procesos se realiza en una columna rellena de diversos soportes en los que se fijan y se desarrollan las bacterias anaerobias. El tratamiento se desarrolla principalmente, para el tratamiento de la materia carbonosa orgánica; el agua residual al tratar fluye en sentido ascendente, y como las bacterias están fijas a los soportes, pueden tenerse tiempos de retención elevados. (Muñoz Cruz, 2008)

#### **4.3.2.3.4. Filtros percoladores**

Los filtros percoladores es un tanque que contiene un lecho de material grueso, compuesto en la gran mayoría de los casos de materiales sintéticos o piedras de diversas formas, de alta relación área/volumen, sobre el cual se aplican las aguas residuales por medio de brazos distribuidores fijos o móviles. Este es un sistema de tratamiento aerobio. (Ministerio de Desarrollo, 2000)

#### **4.3.2.4. Tratamientos Terciarios**

“El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido, antes de que sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.)”. (Marìn & Osès, 2013)

Algunos de estos tratamientos se presentan a continuación.

##### **4.3.2.4.1. Filtración**

La filtración es una operación en la que se hace pasar el agua a través de un medio poroso, con el objetivo de retener la mayor cantidad posible de materia en suspensión. El medio poroso tradicionalmente utilizado es un lecho de arena, de altura variable, dispuesta en distintas capas de distinto tamaño de partícula, siendo la superior la más pequeña y de entre 0.15 y 0.3 mm. Es una operación muy utilizada en el tratamiento de aguas potables, así como en el tratamiento de aguas para reutilización, para eliminar la materia en suspensión que no se ha eliminado en anteriores operaciones (sedimentación). (Rodríguez, Letón, Rosal, Dorado, Villar, & Sanz, 2006)

##### **4.3.2.4.2. Adsorción**

Este proceso tiene como objetivo eliminar materia orgánica residual del tratamiento biológico, olor, sabor, color. Mediante el uso de carbón activado forma granular de diámetro superior a los 0.1 mm, que puede regenerarse con vapor o aire a altas T (850°C) y carbón activado en polvo de diámetro menor que el de tamiz 200. (Castillo, 2007)

##### **4.3.2.4.3. Coagulación – floculación**

La coagulación y floculación es un proceso utilizado generalmente en todas las plantas de tratamiento de agua (potabilizadoras) para eliminar al agua turbiedad y por lo tanto también color. En general este proceso consiste en: cloración, agitado rápido, agitado lento, sedimentación, filtración y desinfección. (García Hololavsky, 2012)

##### **4.3.2.4.4. Intercambio iónico**

Se entiende por tal, aquel proceso en el que se produce un cambio de iones entre los presentes en una fase líquida y los existentes en una fase sólida. Los primeros cambiadores fueron tierras naturales (sílico aluminatos), pero en la actualidad se



emplean casi exclusivamente resinas orgánicas sintéticas (divinilbenceno-estireno). Las resinas son de dos tipos de acuerdo a los iones a intercambiar (catiónicas y aniónicas). (Salvai, 2011)

#### **4.3.2.4.5. Microfiltración (MF)**

La microfiltración es un proceso de membrana que se utiliza valores de diferencia de presión trans-membrana comprendidos en el intervalo 100–500 kPa, pudiendo separar tamaños de partículas dentro del rango: 0.1 mm–10 mm, de distinta naturaleza: sólidos suspendidos, partículas finas y algunos coloides. Separa los contaminantes hasta 0.1µ de tamaño. Esta operación permite eliminar quistes, bacterias y la mayoría de las partículas. Por lo tanto su utilización es principalmente en la eliminación de partículas (clarificación). Las presiones de funcionamiento para la MF son similares a las de la Ultrafiltración. (Lizardi Alegre, 2009)

#### **4.3.2.4.6. Desinfección**

Dentro de los diferentes métodos de desinfección se encuentran los siguientes mecanismos:

- **Cloración:** Es el oxidante más ampliamente utilizado. Hay una serie de factores que influyen en el proceso: Naturaleza y concentración de organismos a destruir, sustancias disueltas o en suspensión en el agua así como la concentración de cloro y el tiempo de contacto utilizado. Las sustancias presentes en el agua influyen en gran medida en la cloración: En presencia de sustancias orgánicas, el poder desinfectante es menor. (Rodríguez, Letón, Rosal, Dorado, Villar, & Sanz, 2006)
- **Rayos ultravioleta (UV):** “La radiación UV se utiliza para dañar la estructura genética de las bacterias, virus, y otros patógenos, haciéndolos incapaces de la reproducción”. (Pérez Alarcon & Camacho Alcalá, 2011)
- **Ozono:** La ozono es un elemento oxidante con propiedades bactericidas iguales a las del cloro. Al añadir ozono al agua se convierte en oxígeno, en consecuencia no se obtiene en el efluente tratado ningún compuesto químico residual que pueda requerir su eliminación. (Muñoz Cruz, 2008)
- **Dióxido de cloro:** El dióxido de cloro (ClO<sub>2</sub>) es un desinfectante cuya capacidad biocida sobrepasa a la del cloro y sus derivados. Debido a sus

cualidades oxidantes selectivas, su aplicación es una alternativa a ser considerada donde además de la desinfección se requiere mejorar la calidad organoléptica del agua. Tiene un gran efecto en el control del sabor y el olor, así como para destruir sustancias orgánicas que proporcionan color o que son precursoras de trihalometanos (THM). (Bernal Ruíz & Díaz Agudelo, 2010)

- **Hipoclorito de sodio:** El hipoclorito de sodio o hipoclorito sódico, (conocido popularmente como lejía, cloro, agua lavandina o agua de Javel) es un compuesto químico, además de un fuerte oxidante químico cuya fórmula es NaOCl. Debido a esta característica destruye muchos colorantes por lo que se utiliza como blanqueador. Además se aprovechan sus propiedades de desinfectantes. (Bernal Ruíz & Díaz Agudelo, 2010)

#### **4.4. Características de las bacterias presentes en el biofermento y su método de acción en el tratamiento de las aguas**

En la siguiente sección se detallan las características de las bacterias que según las bases teóricas están presentes en el producto, las que actúan en conjunto para que el coagulante cumpla su función.

##### **4.4.2. Bacterias Fotosintéticas (Rhodopseudomonas plastrus, Rhodobacters paeroides)**

(Toalombo Iza, 2012) define que: Las bacterias fotosintéticas o foto trópicas son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes. Estas bacterias sintetizan sustancias útiles a partir de las secreciones de las raíces, materia orgánica y/o gases nocivos (sulfuro de hidrógeno), usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas esta compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares.

##### **4.4.3. Bacterias Ácido Lácticas (Lactobacillus plantarum, lactobacillus casei, Streptococcus lactics)**

Las bacterias acido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas levaduras y aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica. El uso de bacterias acido lácticas reduce las poblaciones de nematodos y controla la propagación y diseminación de Fusarium, mejorando así el medio ambiente para el crecimiento de cultivos. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos

patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. (Villegas Hurtado, 2014)

#### **4.4.4. Levaduras (*Sacharomyces cerevisiae*, *candida utilis*)**

Las levaduras son microorganismos que entran en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales. Así mismo, prosperan por exclusión competitiva, tanto en nichos contaminados como en descomposición, para luego morir cuando las condiciones son limpias, por lo cual no existe riesgo de contaminación secundaria. (Castellanos, 2005)

(Ramírez, 2006), expresa que: Estas bacterias degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas y enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies de EM. Estas sintetizan y utiliza las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas, a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas, así como las de las materias orgánicas y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, tales como las hormonas y enzimas producidas por las levaduras incrementan la actividad celular y el número de raíces. Sus secreciones son substratos útiles para ciertos microorganismos efectivos, tales como las bacterias ácido lácticas y los actinomicetes.

Cada una de las especies contenidas en los Microorganismos Eficientes (Bacterias fotosintéticas, ácido lácticas y levaduras) tienen su propia e importante función. Sin embargo podríamos decir que la bacteria fotosintética es el pivote de la tecnología, pues soportan las actividades de los otros organismos. Por otro lado utilizan para si mismas varias sustancias producidas por otros microorganismos. Este es el fenómeno que llamamos coexistencia y coprosperidad. (Ramírez, 2006)

#### **4.5. Mecanismo de acción del biofermento en las aguas residuales tratadas**

En la investigación titulada estudio de evaluación del efecto del uso de Microorganismos Eficientes sobre la calidad del agua residual doméstica, realizada en el año 2008, por las ingenieras Juanita Gómez y Luisa Galindo

manifiestan que el mecanismo de acción del biofermento en aguas residuales consiste en que:

El biofermento está compuesto por microorganismos eficientes, el cual por ser una combinación de microorganismos no modificados genéticamente, con diversos tipos de metabolismo, al encontrarse juntos presentan relaciones sinergista, de cooperación y cometabolismos, así mismo los componentes secretan ácidos orgánicos, enzimas antioxidantes y quelantes metálicos; por lo anterior se consideran de mayor efectividad en los procesos de degradación.

García como se citó en (Cardona Gomez & Garcia Galindo, 2008) Uno de los efectos del uso del biofermento es la fermentación de la materia orgánica sin liberación de malos olores, y su capacidad de convertir los desechos tóxicos en sustancias no tóxicas, propiedades desionizantes que favorecen la detoxificación de sustancias peligrosas, quelación de metales pesados, producción de enzimas como la lignina peroxidasa.

Al realizar la combinación de estos microorganismos se crea un ambiente antioxidante que ayuda al proceso de separación sólido- líquido el cual es el fundamento de la limpieza de las aguas.

#### **4.6. Normativas nacionales de control de la contaminación y re-uso de las aguas residuales tratadas**

En esta sección se plantean las normativas nacionales donde se detallan el decreto ambiental 33-95 y la NTON de re-uso de aguas residuales tratadas.

##### **4.6.2. Normativa de control de la contaminación proveniente de las descargas de aguas residuales, domésticas, industriales y agropecuarias**

En Nicaragua el decreto número 33-95 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA) es el que rige y establece las disposiciones para el control de la contaminación provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias; cuyo objeto es fijar los valores máximos permisibles o rangos de los vertidos líquidos generados por las actividades domésticas, industriales y agropecuarias que descargan a las redes de

alcantarillado sanitario y cuerpos receptores. (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2006)

En el capítulo VI se establecen las condiciones que deben de presentar las aguas residuales provenientes de los sistemas de tratamientos de los alcantarillados para ser descargadas a los cuerpos receptores los cuales se establecen en los artículos 22 y 23 del decreto:

**Arto 22.** Los límites máximos permisibles de coliformes fecales medidos como número más probable no deberá exceder de 1000 por cada 100 en el 80% S; de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso superior a 5000 por cada 100 ml.

**Arto 23.** Los parámetros de calidad de vertido líquido provenientes de los sistemas de tratamientos de los alcantarillados que sean descargados directa o indirectamente a los cuerpos receptores, deberán cumplir en los rangos y límites máximos permisibles expresados a continuación:

**Tabla 1.** Rangos y límites máximos permisibles para población hasta 75,000 habitantes.

Parámetros	Rangos y límites máximos permisibles promedio diario
PH	6-9
Sólidos Suspendidos Totales (mg/l)	100
Grasas y Aceites (mg/l)	20
Sólidos Sedimentos (mg/l)	SR
Sólidos Sedimentos (mg/l)	1.0
DBO(mg/l)	110
DQO(mg/l)	220
Sustancias Activas al azul de metileno (mg/l)	3
Coliformes Total (NMP/100ml)	$\leq 5.0 \times 10^3$
Coliformes Fecal (NMP/100ml)	$\leq 5.0 \times 10^3$

**Fuente:** Adaptado de (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2006)

#### **4.6.3. Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamiento y su re-uso**

La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su re-uso (NTON 05 027-05) establece el re-uso de las aguas tratadas bajo los siguientes tipos:

**Tipo 1 Re-uso agrícola y/o forestal:** Para efectos de este, se ha subdividido en tres categorías:

- **Categoría A:** Con restricción, riego de cultivos que se consumen crudos y que existe contacto directo con el agua y la tierra, tales como legumbres, hortalizas, frutos rastreros. La calidad del agua debe cumplir con los parámetros establecidos en las tablas 2 y 4 de la presente Normativa.
- **Categoría B:** Riego con restricción media para cultivos, cuyo fruto comestible crece sin contacto con la tierra (suelo) o con las aguas recuperadas (aguas residuales tratadas), como el frijol, maíz, trigo, arroz, caña de azúcar (consumo directo), y de cultivos no comestibles, arbustos, algodón y plantas ornamentales. La calidad del agua debe cumplir con los parámetros establecidos en las tablas 2 y 4 de la presente Normativa.
- **Categoría C:** De menor restricción, para cultivos perennes y algunos temporales, cuya planta y fruto no tiene ningún contacto con el agua tratada, como: caña de azúcar (para uso industrial), los bosques, árboles frutales, como cacao, naranja, mandarina, limón. La calidad del agua debe cumplir con los parámetros establecidos en las tablas 2 y 4 de la presente Normativa. En el Caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y en esta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

**Tipo 2 Re-uso urbano:** Debe entenderse por re-uso urbano el riego de zonas verdes, campos deportivos, parques, cementerios y calles, esta categoría debe cumplir con los requisitos establecidos en las tablas 3 y 4.

**Tipo 3 Re-uso interno en la industria, reciclaje:** Para la recuperación de la materia prima, disminuir contaminantes en el efluente y reducir el consumo de agua.

**Tipo 4 Re-uso en recreación sin contacto:** El agua destinada a la recreación debe cumplir con los requisitos de las tablas 3 y tabla 4 de la presente Normativa.

**Tipo 5 Re-uso en acuicultura de recarga de acuíferos:** El agua destinada a la acuicultura, debe cumplir con los requisitos de la tabla 3 y límites permisibles de metales pesados de la tabla 4.

**Tipo 6 Re-uso en zonas de recarga de acuíferos:** El efluente del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales debe cumplir con las características físico-químicas y bacteriológicas establecidas en la tabla 3 y metales pesados, de la tabla 4 de la presente Normativa.

**Tabla 2.** Criterios según el Tipo de Categoría de Riesgos

Parámetros	Límites máximos permisibles según categoría		
	A	B	C
DBO (mg/l)	120	200	SR
Coliformes fecales (NMP/100ml)	$1 \times 10^3$	$1 \times 10^4$	$1 \times 10^5$
Huevos de Helmintos (cada 100 ml)	0	1	1
Nitrógeno Total (mg/l)	15	15	15
Fósforo Total (mg/l)	5	5	5
Tasa de Adsorción de Sodio	6	6	6
Conductividad Eléctrica en dS/m	4 (200mo)	4 (200mo)	4 (200mo)

**Fuente:** Retomado de (Gaceta, 2006)

NPM: Número más Probable, mg/l: miligramos por litro, dSm: Deciemens por metro, (mo): Micromhos/cm

**Tabla 3.** Límites Máximos Permisibles para aguas residuales de Re-uso

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Urbana</b>	<b>Recarga de acuíferos</b>	<b>Recreación sin contacto*</b>	<b>Acuicultura</b>
pH		6-9	6-9	6-9	SR
Temperatura	°C	SR	SR	±3 de Normal	Mínimo 17
Sólidos Flotantes Visibles y Espumas	mg/l	0	0	30	60
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	mg/l	20	10	2	5
DQO	mg/l	5	30	15	15
Oxígeno Disuelto (OD) Mínimo	mg/l	30	0	10	5
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	15	5	50	0.5
Aceites Flotantes y Grasas (Ay G)	mg/l	10	15	30	SR
Aceites de Grasas Emulsionadas(Máximo)	mg/l	SR	10	SR	SR
Color, Escala Platino Cobalto	mg/l	SR	SR	SR	SR
Fósforo Total	mg/l	SR	SR	SR	SR
Turbiedad	mg/l	SR	SR	SR	SR
Nitrógeno Total	mg/l	SR	SR	SR	SR
Amonio	mg/l	SR	SR	SR	SR
Nitritos	mg/l	SR	SR	SR	SR
Tasa de Adsorción de Sodio	mg/l	SR	SR	SR	SR
Coliformes Fecales	NPM/100ml	1*10 <sup>5</sup>	No detectables	1*10 <sup>5</sup>	1*10 <sup>4</sup>

**Fuente:** Retomado de (Gaceta, 2006)



**Tabla 4.** Límites Máximos permisibles para aguas de re-uso con Metales Pesados (Continuación)

Parámetros	Unidad	Urbana	Recarga de acuíferos	Recreación sin contacto*	Acuicultura
Aluminio	mg/l	5.00	0.90	0.10	0.100
Arsénico	mg/l	0.10	0.10	0.01	0.050
Cadmio	mg/l	0.01	0.01	0.05	0.800
Cromo	mg/l	0.10	0.10	0.10	0.020
Cobre	mg/l	0.20	0.20	0.02	0.002
Cianuro	mg/l	0.02	0.02	0.3	0.005
Hierro	mg/l	5.00	5.00	0.50	0.300
Plomo	mg/l	0.20	0.50	0.002	0.002
Mercurio	mg/l	0.01	0.05	0.10	0.001
Níquel	mg/l	0.20	0.20	0.01	0.065
Litio	mg/l	2.50	0.02	0.20	0.001
Selenio	mg/l	0.02	0.20	0.05	0.001
Plata	mg/l	0.05	2.00		0.030
Zinc	mg/l	5.00			

**Fuente:** Retomado de (Gaceta, 2006)

**\* Lago de Managua cumplir con la regulaciones del Decreto 77-003**

#### **4.7. Costos de producción o transformación**

“La contabilidad de costos de producción puede definirse como todo sistema o procedimiento contable que tiene por objeto conocer, en la forma más exacta posible, lo que cuesta producir un artículo cualquiera”. (Gómez, 2005)

Gómez como se citó en (Pozo Rosero, 2011) señala que un costo es un egreso en que se incurre en forma directa o indirecta por la adquisición de un bien o en su producción; se define como gasto el costo que se relaciona con las ventas, la administración y la financiación de ese bien o su producción. Podría decirse también que los costos son egresos necesarios para financiar las actividades de apoyo.

#### 4.7.2. Elementos de los costos y su flujo

(Roca Gutiérrez, 2012) señala que: “Un producto contiene tres elementos de costos” los cuales se detallan a continuación:

**Costo del material directo.** La materia prima que se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados se clasifica como materia prima directa (MPD) y pasa a ser el primer elemento de la producción. La materia prima que no se puede identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados se clasifica como Materia prima indirecta (MPI) y se acumula dentro de los cargos indirectos.

**Costo de la mano de obra directa.** Es el segundo elemento del costo de producción y se refiere al esfuerzo humano necesario para transformar la materia prima en un producto terminado o manufacturado. Este esfuerzo es remunerado en efectivo, valor que interviene como parte importante en la formación del costo de producción.

**Costos indirectos de fabricación.** Se denominan como gastos o costos indirectos de fabricación o producción (CIF) al conjunto de los gastos de producción o fabricación que intervienen en la transformación de los productos, y que no se identifican o cuantifican plenamente con la elaboración de las partidas de productos, procesos productivos o centro de costo determinados.

“Los CIF representan el tercer elemento del costo de producción y pueden referirse a los siguientes conceptos: materia prima indirecta, mano de Obra indirecta, gastos de la fabrica o local, depreciaciones y amortizaciones, gastos pagados por anticipado”. (Roca Gutiérrez, 2012)

#### 4.7.3. Costos fijos y costos variables

(Gómez, 2005) afirma que: “Los **costos fijos** permanecen constantes durante cualquier proceso de producción, bien sea que el volumen de producción o de ventas varíe favorable o desfavorablemente”.

Son costos fijos, por ejemplo, el alquiler de un edificio en donde funciona una fábrica, el impuesto predial, el impuesto de rodamiento para vehículos, los seguros en general, los sueldos de los altos ejecutivos, la depreciación en línea recta y muchos otros costos que permanecerán constantes aunque aumente o

disminuya la producción. Los costos fijos unitariamente son variables. (Gómez, 2005)

Son **costos variables** aquellos que varían en forma proporcional a la producción o las ventas, como los materiales directos, la mano de obra directa cuando se pasa por unidad producida y algunos costos indirectos de fabricación, como los suministros, el mantenimiento de equipos y maquinarias, las comisiones, etc.

Existe, asimismo, otro tipo de costo denominado costo semifijo o semi-variable, como es el caso de los costos indirectos en relación con el consumo de agua, de energía, de teléfono, la supervisión en muchos casos, que contienen una parte fija y otra variable pero no en forma proporcional a la producción, sino de acuerdo con determinados volúmenes de actividad. (Gómez, 2005)

#### **4.7.4. Costos directos e indirectos**

(Rojas Medina, 2014), establece que: “Los costos se dividen de acuerdo con su identificación con una actividad, departamento o un producto” en:

**Costo directo:** “Es el que se identifica plenamente con una actividad, departamento o producto”.

**Costo indirecto:** “Es el que no se puede identificar con una actividad determinada”.

Para clarificar los conceptos, observe con detenimiento los siguientes ejemplos:

“El sueldo del supervisor del departamento de moldeado. Este es un costo directo para el departamento de moldeado e indirecto para el producto”.

“La depreciación de la maquinaria existente en el departamento de terminado, este costo es directo para el departamento e indirecto para el producto”.

## **V. Hipótesis**

¿El biofermento es una tecnología que reduce la carga de coliformes a niveles aceptables en las muestras recolectadas de aguas residuales tratadas de salida del tratamiento secundario de la planta de tratamiento de la Ciudad de Ocotlán?

## **VI. Metodología**

A continuación se detallará la metodología que se utilizó para el desarrollo de la investigación, como la ubicación del estudio, tipo de investigación, diseño experimental, las actividades que se realizaron para lograr los objetivos planteados, población y muestra, procesamiento y análisis de la información.

### **6.1.Ubicación del estudio**

El estudio se realizó en el Laboratorio de Suelo de Ingeniería Civil y Procesos no Alimentarios de la Universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino, Sede Regional Estelí, con el apoyo de la Empresa de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) de la Ciudad de Ocotol, quienes proporcionaron las muestras de aguas residuales tratadas y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) quienes realizaron aportes financieros para la ejecución de la primera fase de la investigación.

### **6.2.Tipo de investigación**

Esta investigación fue experimental, debido a que se evaluó el efecto del biofermento en aguas residuales tratadas, por lo que fue necesario realizar montajes experimentales, donde se tomó en cuenta variables como dosificación de biofermento y tiempo de residencia del mismo en las muestras, por lo tanto se efectuaron actividades de observación y análisis, que son procedimientos importantes en la investigación científica. Estos análisis consistieron en determinar la cantidad de coliformes fecales y totales, demanda química y bioquímica de oxígeno, pH, sólidos totales en un volumen de agua residual tratada.

### **6.3.Diseño Metodológico**

En esta sección se determinó la formulación del biofermento y el diseño experimental que se llevó a cabo para el desarrollo de la investigación.

#### **6.3.1. Formulación del biofermento**

Para la elaboración del biofermento se realizó la adquisición de la materia prima e insumos (Abono orgánico (Lombrihumus), suero láctico, semolina y melaza), y materiales tales como balanza analítica, guantes de protección, balde plástico, cucharones para mezclar, tabla circular de madera, plástico negro y sondaleza.

La formulación del biofermento, se rigió por las proporciones a utilizar de cada materia prima e insumos las que se muestran en la tabla 5, se tomó en cuenta que este multicultivo está compuesto por microorganismos como: bacterias fotosintéticas las que se encuentran en el abono orgánico, ácido láctico presentes en el suero lácteo y levaduras que se transforma con la interacción de los compuestos por la melaza.

**Tabla 5.** Porcentajes de materias primas en la formulación del producto

<b>Materia primas</b>	<b>Proporciones</b>	<b>Bacterias presentes</b>
Abono Orgánico (lombrihumus)	59%	Fotosintéticas, ácido láctico, mohos y levaduras
Suero lácteo	20%	
Melaza	20%	
Semolina o Afrecho de arroz	1%	
<b>Biofermento</b>	<b>100%</b>	

En las ilustraciones números 1 y 2, se muestra la elaboración y mezcla de los componentes del producto, proceso que se llevó a cabo de manera manual y homogénea, para después sellar de manera hermética la mezcla para su fermentación.

Estos se midieron y se proporcionó un ambiente propicio de almacenamiento en ausencia de oxígeno para inducirlo a una fermentación anaerobia de las bacterias que se estuvieron incubando en la mezcla por lo que resultó necesario esperar un tiempo aproximado de un mes.



**Ilustración 1.** Elaboración del biofermento



**Ilustración 2.** Mezclado de las materias primas

### 6.3.2. Caracterización del biofermento

El producto fue llevado en un recipiente de capacidad de un galón al laboratorio de Instituto de Capacitación, Investigación y Desarrollo Ambiental – CIDEA, muestra que fue sometida a pruebas microbiológicas de mohos y levadura, recuento total de bacterias heterótrofas y pseudomonas aeuroginosa. Estos análisis se realizaron cuatro meses después de elaborado el producto debido a la definición de los análisis que se debían de realizar. En la tabla 6 se muestran los métodos utilizados para la determinación bacteriana del producto previas al tratamiento.

**Tabla 6.** Parámetros microbiológicos y métodos analíticos utilizados para el biofermento.

Tipo de análisis	Ensayos	Unidad de medición	Método utilizado	Laboratorio
Microbiológicos	Mohos y levadura	UFC/ml	Placa difusa	Instituto de Capacitación , Investigación y Desarrollo Ambiental (CIDEA) de la Universidad Centro Americana de Managua
	Recuento total de bacterias heterótrofas	UFC/ml	Placa difusa	
	Pseudomonas aeuroginosa	NMP/100ml	Fermentación de tubos múltiples	

### 6.3.3. Caracterización de las aguas residuales tratadas previas al tratamiento

Para el análisis de resultados se tomó una muestra como testigo de aguas residuales tratadas; para someterla a análisis químicos y microbiológicos con el objetivo de evaluar la efectividad del producto en los efluentes que están sometidos a la experimentación. Estos fueron trasladados al laboratorio donde

se efectuaron los análisis de DBO, DQO, Coliformes (totales y fecales). Los métodos utilizados para el análisis de las variables se detallan en la tabla 7:

**Tabla 7.** Parámetros Químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la muestra de aguas residuales tratadas previas al tratamiento.

Tipo de Análisis	Parámetro	Unidad de medición	Método utilizado	Laboratorio
<b>Químicos</b>	DBO	Mg/l	Método Winkler título métrico	Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA) de UNI
	DQO	Mg/l	Reflujo Cerrado título métrico	
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes Fecales	NMP	Tubos Múltiples	
	Coliformes Totales	NMP	Tubos Múltiples	

#### 6.3.4. Evaluación del efecto del biofermento

Para determinar el efecto del producto (coagulante) en las aguas residuales tratadas, se empleó un diseño experimental que se detalla en el siguiente acápite:

##### 6.3.4.1. Diseño experimental de la primera etapa

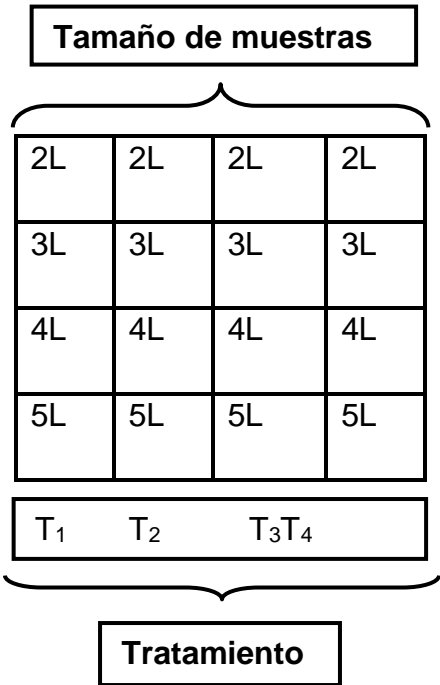
La evaluación se hizo mediante el diseño en cuadrado latino, o cuadro latino, como también se le llama, que permitió asignar g tratamientos con g repeticiones; esto determinó el aspecto de cuadro latino: el número de tratamientos es igual al número de repeticiones, entonces lo que se tiene que es un conjunto de unidades experimentales bloqueadas por dos criterios en este caso tratamiento y tamaño de muestras. Este diseño fue retomado del libro metodología del diseño estadístico de la Universidad Veracruzana



Se utilizó este diseño con la finalidad de determinar cuál de los tratamientos reducen bacterias coliformes con respecto a las variables dosis-tiempo.

En este caso fue (4x4) cuatro repeticiones y cuatro tratamientos los que van a estar distribuidos de la siguiente manera:

**Ilustración 3. Diseño Muestral.**



Siendo **2, 3, 4 y 5** litros los tamaños de las muestras de aguas residuales tratadas que provenían del caudal de salida de la última etapa de tratamiento de la planta (Sistema de Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (**FAFA**)), las que fueron distribuidas según el tamaño de la muestra obtenida para evaluar. Estas muestras son puntuales debido a que fueron recolectadas el mismo día en un intervalo de tiempo definido.

**T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>** representan los tratamientos de biofermento que estuvieron expuestas las aguas tratadas. Se realizó un aumento de dosis por cada muestra para identificar los cambios con respecto al tiempo de residencia del producto en las aguas tratadas.

Yépez, Shintani, Tabora, Botero, Okumoto, & Tylor establecen que: “En la relación 1:1000 (1 parte de biofermento y 1000 partes de agua reduce la cantidad de contaminación presente en aguas”, por lo que se tomó como

referencia para la definición de las dosificaciones a utilizar.

Analizando el aporte de esta investigación se consideró un aumento de dosis a valores de (1:1,2:1,4:1,8:1), donde 1, 2, 4 y 8, son los porcentajes de biofermento a aplicar.

**Tabla 8.** Tratamientos Vs tiempo de residencia

<b>Cantidad de agua residuales tratadas</b>	<b>Tratamiento</b>			
	<b>T<sub>1</sub></b>	<b>T<sub>2</sub></b>	<b>T<sub>3</sub></b>	<b>T<sub>4</sub></b>
2 litros	<b>M<sub>1</sub>=0.002 L</b>	<b>M<sub>1</sub>= 0.004 L</b>	<b>M<sub>1</sub>= 0.008 L</b>	<b>M<sub>1</sub>=0.016L</b>
3 litros	<b>M<sub>2</sub>=0.003L</b>	<b>M<sub>2</sub>= 0.006 L</b>	<b>M<sub>2</sub>= 0.012 L</b>	<b>M<sub>2</sub>=0.024L</b>
4 litros	<b>M<sub>3</sub>=0.004L</b>	<b>M<sub>3</sub>= 0.008 L</b>	<b>M<sub>3</sub>= 0.016 L</b>	<b>M<sub>3</sub>=0.032L</b>
5 litros	<b>M<sub>4</sub>=0.005L</b>	<b>M<sub>4</sub>= 0.01 L</b>	<b>M<sub>4</sub>= 0.02 L</b>	<b>M<sub>4</sub>= 0.04 L</b>
<b>Tiempo de residencia</b>	<b>40 días</b>	<b>57 días</b>	<b>67 días</b>	<b>75 días</b>

En la tabla 8, se muestra un consolidado de los tratamientos, días de residencia y cantidad de biofermento inoculado en las muestras de aguas residuales tratadas.

El tiempo de residencia del biofermento en las aguas residuales tratadas varió para identificar si hay cambios constantes en las muestras; las cuales fueron llevadas por un período de tiempo diferente al laboratorio y determinar si disminuyó la carga orgánica e identificar si el producto fue efectivo al aumentar su tiempo de residencia.

Los recipientes en los cuales se colocaron la mezcla del biofermento y agua residual fueron ubicados en baldes con tapaderas, cada uno rotulado con el número de muestra y el tratamiento efectuado.

Una vez que se mezcló, rotuló y selló cada una de las muestras se dejaron en reposo, en un lugar seco, con poca iluminación y con los recipientes totalmente herméticos, cada tratamiento con diferentes días; para luego realizarles exámenes físicos, químicos y microbiológicos detallados en la tabla 9.

**Tabla 9.** Parámetros físico- químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la I etapa

Tipo de Análisis	Parámetro	Unidad de medición	Método utilizado	Laboratorio
<b>Químicos</b>	DBO	mg/l	Disolución e Incubación	Programa de Investigación
	DQO	mg/l	Dicromato reflujo cerrado	Estudios Nacionales y Servicios Ambientales (PIENSA) de UNI
<b>Microbiológicos</b>	Coliformes Fecales	NMP	Tubos Múltiples	Ambientales (PIENSA) de UNI
	Coliformes Totales	NMP	Tubos Múltiples	
<b>Físicos</b>	pH	-	Cintas de pH	Suelo de Ingeniería Civil y Procesos no Alimentarios UNI-RUACS
	Sólidos Totales	mg/l	Gravimétrico	

#### 6.3.4.1.1. Métodos estadísticos aplicados para el análisis de los datos

Para el análisis de los resultados de esta primera etapa se realizaron graficas comparativas de los tratamientos en las diferentes muestras, así mismo; se utilizó el Test LSD de Fisher empleando el método de test de ANOVA conocido como análisis de varianza; debido a que este método estadístico permite analizar comparaciones múltiples mediante el establecimiento de medias o marcar tendencias en las variables de coliformes (fecales y totales), DBO, DQO, Sólidos Totales, pH y de esta manera establecer una hipótesis alternativa o nula genérica e identificar si existen diferencias entre los tratamiento con respecto a estas parámetros en estudio. Se realizaron análisis de tablas de contingencia empleando el método de independencia de variables categórica, el cual permite evaluar de forma numérica y porcentual las variables cualitativas, por lo que se utilizó para determinar si los resultados de las

muestras cumplen con la normativa nicaragüense de vertido de agua del Decreto 33-95.

Se evaluó el tratamiento que presentó los rangos de concentración aceptable en lo que se refiere a coliformes, en relación a los otros tratamientos evaluados, estas variables fueron comparadas con los parámetros establecidos en la NTON 05 027-05 de re-uso de las aguas tratadas para definir el tipo de re-uso y categoría que se encuentran estas variables y de esta manera determinar el destino final de las aguas tratadas.

Todo este proceso se llevó a cabo con el objetivo que el agua residual tratada presente reducción de carga microbiana por medio de la aplicación de la tecnología, sin embargo los datos obtenidos no mostraron cuál de las dos variables en estudio (dosis-tiempo) es la que muestra la efectividad del producto; por lo tanto, se consideró repetir el experimento para tener mayor confiabilidad de los resultados.

En el siguiente inciso se muestra las etapas de revalidación de los datos de la investigación.

#### **6.3.4.2. Revalidación o II Fase de la investigación**

Para esta etapa lo primero que se realizó fue la elaboración de biofermento láctico, utilizando el proceso de la etapa anterior, se mezclaron las materias primas (Abono Orgánico, suero lácteo, melaza y semolina) se dejó en reposo durante un mes que luego de transcurrido este tiempo se recolectó las aguas residuales tratadas para su posterior inoculación con el producto y se realizaron los análisis microbiológicos al biofermento. Proceso que se observa en las ilustraciones 4, 5, 6 y 7.



**Ilustración 5.** Materias primas



**Ilustración 4.** Mezclado de las materias primas



**Ilustración 6.** Sellado de la mezcla para la fermentación



**Ilustración 7.** Producto fermentado

Los análisis realizados fueron un mes completo de fermentado el producto por lo que se emplearon los siguientes métodos que se encuentran detallados en la tabla 10:

**Tabla 10.** Parámetros microbiológicos y métodos analíticos utilizados para el biofermento en la II etapa

Tipo de análisis	Ensayos	Unidad de medición	Método utilizado	Laboratorio
Microbiológicos	Mohos y levadura	UFC/g	Placa difusa	Instituto de Capacitación,
	Recuento total de bacteriano	UFC/g	Placa difusa	Investigación y Desarrollo

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Unidad de medición</b>	<b>Método utilizado</b>	<b>Laboratorio</b>
	Pseudomonas sp	NMP/100ml	Número más probable	Ambiental (CIDEA) de la Universidad Centro Americana de Managua

Las muestras puntuales de agua fueron recolectadas las que fueron tomadas a la salida de ambos módulos.

Para la revalidación de los resultados obtenidos en la etapa de experimentación del producto, se utilizó un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) en la variable dosis, para evaluar si el aumento de las dosificaciones son las que intervienen en la reducción de materia orgánica en las aguas residuales tratadas.

Para la realización de los análisis de este experimento, solamente se identificó la presencia de coliformes fecales (Escherichia Coli), en las muestras de aguas utilizando el método de placas Petri film como análisis microbiológicos. En lo que respecta a los análisis físicos las muestras se les determinaron sólidos totales y pH los que se detallan en la tabla 11.

**Tabla 11.** Parámetros físico- químicos, microbiológicos y métodos analíticos utilizados en la II etapa.

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Método Utilizado</b>	<b>Laboratorio</b>
<b>Físicos</b>	pH	-	Cintas de pH, que se observan en la ilustración 9	Suelo de Ingeniería Civil y Procesos no Alimentarios UNI-RUACS
	Sólidos Totales	Mg/l	Gravimétrico, procedimiento	

Tipo de análisis	Parámetro	Unidad	Método Utilizado	Laboratorio
			que se observa en la ilustración 10	
<b>Microbiológicos</b>	Escherichia Coli	UFC	Petri Films que se observan en la ilustración 8	Laboratorio de Agroindustria UNI-RUACS



**Ilustración 9.** Cintas de pH



**Ilustración 8.** Placas de Petri films

**Ilustración 10.** Determinación de sólidos totales



En este caso los montajes se realizaron en muestras pequeñas. Para esta experimentación las variables a tomar en cuenta fueron dosis en un sólo tiempo, es decir que a cada muestra de agua se adicionó una cantidad de biofermento en diferentes concentraciones, las que se detallan en la tabla 12.

Para el almacenamiento de las muestra se utilizó envases plásticos herméticos con capacidad de 59 ml; se planteó un diseño 4X3 cuatro muestras con tres repeticiones, para verificar y garantizar que se obtengan datos más confiables; cada envase contenía 30 ml de aguas residuales tratadas a las cuales se le fue añadiendo una dosis de biofermento en una relación de 1:1, 1:2, 1:4 y 1:8, tomando en cuenta las proporciones de la primera etapa y se tomo una muestra del mismo volumen de agua sin tratar como testigo. En la ilustración 11 se muestra la vista frontal y lateral del diseño con las que se trabajó en el experimento.



**Ilustración 11.** Muestras de agua con biofermento

Las dosificaciones que se aplicaron en esta segunda fase o revalidación se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 12.** Dosificaciones aplicadas en la etapa de revalidación

Muestras de 30ml	Dosis ml / 30ml	% de las concentraciones
Muestras 1	0.30	1
Muestras 2	0.60	2
Muestras 3	1.20	4
Muestras 4	2.40	8
Muestra testigo	Sin tratamiento	Sin tratamiento
<b>Tiempo de residencia</b>	<b>9 días</b>	<b>9 días</b>



En la tabla 12 se detallan las diferentes dosificaciones a las que fueron sometidas las muestras de 30ml de aguas residuales durante la revalidación; por lo que se utilizaron el 1, 2, 4 y 8% de concentración del producto, tomando como referencia la primera fase de experimentación se utilizó una regla de tres simple:

Si a 30 ml equivale el 100% cuanto será el 1% de producto para lo que se determinaron las dosificaciones de: 0.30ml a partir de eso se duplicaron la dosis hasta 0.60, 1.20 y 2.40 al cuadruplicar y aumentar hasta ocho veces el valor inicial tomándolo como referencia.

El tiempo de residencia del biofermento en las aguas residuales tratadas fue de nueve días, siendo este un intervalo de tiempo menor a los planteados en la fase anterior, tomando en cuenta que las plantas de tratamientos para aguas residuales trabajan con un flujo continuo y no pueden estar en reposo durante largos períodos.

#### **6.3.4.3. Métodos estadísticos aplicados para el análisis de los datos**

Para el análisis de los datos obtenidos se emplearon métodos estadísticos como análisis de varianza utilizando el Test LSD de Duncan para evaluar los parámetros de pH, Sólidos totales y E. Coli determinando así promedios entre cada dosis aplicada; además se realizó el análisis del coeficiente de correlación de Pearson, el cual es considerado como un índice estadístico que mide la relación lineal entre dos variables cuantitativa; por lo que se determinó si existe regresión lineal, dato útil para lograr predecir el comportamiento de la E. Coli durante los tratamientos.

#### **6.3.5. Determinación de costos**

Para la determinación de los costos del producto se tomó como referencia los costos fijos y variables para la producción de 10 litros y 1 litro de biofermento respectivamente. Para los costos variables se tomaron en cuenta la compra de materia prima, insumos, materiales y pago de mano de obra directa y los costos fijos que son los servicios básicos (energía, agua y telefonía).

Definido el costo del producto; se realizó un análisis comparativo de las tecnologías que se emplean y comercializan actualmente, ya sean de manera directa e indirecta.

#### **6.4.Actividades por objetivos específicos**

**Objetivo 1:** Formular el biofermento de suero lácteo por medio de la mezcla de las materias primas (melaza, suero lácteo, abono orgánico y semolina), para su posterior elaboración a escala de laboratorio.

1. Adquirir insumos e instrumentos necesarios para la elaboración del biofermento láctico a escala de laboratorio.
2. Elaboración del biofermento láctico a escala de laboratorio.
3. Dejar en reposo la mezcla obtenida para Inducir a una fermentación el producto adquirido.

**Objetivo 2:** Caracterizar el biofermento de suero lácteo a través de análisis microbiológicos que permita su aplicación en aguas residuales domésticas tratadas en la Ciudad de Ocotlán.

1. Realización de análisis microbiológicos de recuento de mohos y levaduras, pseudomonas aeruginosa y recuento total de bacterias heterótrofas en el Laboratorio ambiental CIDEA UCA.
2. Verificación y validación de los resultados.

**Objetivo 3:** Determinar las características de los efluentes tratados en la Ciudad de Ocotlán a través de la medición de parámetros químicos y microbiológicos para estimar la carga bacteriana con que son producidas.

1. Solicitar el acceso a la planta de tratamiento de la ciudad de Ocotlán, mediante la gestión con la Empresa de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL).
2. Visitar la planta de tratamiento de aguas residuales.
3. Identificar los caudales para realizar el muestreo.
4. Tomar muestras puntual de salida de las aguas tratadas de la unidad de tratamiento FAFA (tratamiento secundario) y hacer los análisis microbiológicos (Coliformes Totales y Fecales) y químicos

(Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno) en el laboratorio ambiental PIENSA-UNI.

**Objetivo 4:** Determinar el efecto del biofermento de suero lácteo en las aguas residuales a través de la medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos para evaluar las características de las aguas tratadas.

1. Tomar muestras de aguas residuales tratadas en la planta en los módulos de salida del Sistema FAFA para utilizarla en los montajes.
2. Distribuir las aguas residuales tratadas en recipientes y realizar los montajes según el diseño experimental planteado.
3. Añadir las cantidades de biofermento con dosificación previamente establecida para cada muestra de aguas residuales tratadas distribuida.
4. Dejar en reposo la mezcla de aguas residuales tratadas con biofermento durante el tiempo establecido de residencia para cada tratamiento.
5. Sacar una muestra significativa para realizar análisis físicos (Sólidos Totales y pH).
6. Trasladar el restante de las muestras de aguas tratadas con el biofermento al laboratorio ambiental PIENSA-UNI y realizar análisis químicos (Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno) y microbiológicos (coliformes Totales y Fecales).
7. Analizar los resultados obtenidos de todas las muestras para identificar el efecto que tuvo el biofermento en las aguas residuales tratadas, con apoyo del programa informático Infostat.

**Objetivo 5:** Determinar los costos de elaboración del biofermento a partir de suero lácteo mediante cálculos matemáticos financieros para realizar un análisis comparativo con el precio de otros productos similares.

1. Calcular los costos fijos (servicios básicos y otros gastos) y variables (materias primas e insumos, mano de obra directa) del biofermento de suero lácteo, para determinar el costo total de producción de 10 litros de producto.

2. Calcular el costo variable unitario por cada unidad a producir
3. el costo variable total entre las unidades a producir  $CVU = CTV / \text{Unidades a producir}$ .
4. Determinar el costo unitario del producto mediante la fórmula  $CU = CF + CVU * \text{Unidades a producir} / \text{unidades a producir}$
5. Investigar sobre agencias que comercializan coagulantes biológicos similares o que contengan EM, indagando en sus características, presentación y precio.

### 6.5.Población

Para determinar la población se realizó la estimación del caudal de aguas residuales de aporte domésticas a la entrada de la PTAR<sup>3</sup> siendo de 1,246 m<sup>3</sup>/día. (Ver estimación en anexo 1)

### 6.6.Muestra

Para realizar la experimentación se realizó una la toma de muestras puntuales de aguas tratadas a la salida de ambos módulos en la unidad de tratamiento biológico de Filtro Anaeróbicos de Flujo Ascendente (FAFA), muestras que fueron recolectadas en un mismo intervalo de tiempo bajo las mismas condiciones de tratamiento.

### 6.7.Procesamiento y análisis de la información

Las herramientas tecnológicas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron:

- **Infostat** se utilizó para el procesamiento de información obtenida de los montajes y evaluación de las variables que permitieron una mayor comprensión de los datos.
- **Microsoft Excel** para el levantamiento de datos, creación de base de datos y análisis de costos del producto.
- **Microsoft Word 2010** para la redacción del documento final del trabajo monográfico.

---

<sup>3</sup> Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

## VII. Análisis y presentación de resultados

Durante el proceso de investigación del biofermento de suero lácteo en aguas residuales domésticas se presentaron los siguientes resultados, estos se obtuvieron según los objetivos planteados durante la etapa de experimentaron.

### 7.1. Formulación del biofermento de suero lácteo

Para la formulación del producto (coagulante) se establecieron las concentraciones de materias primas a utilizar teniendo en cuenta que fueron melaza (20%), la semolina (1%), el abono orgánico (lombrihumus) (59%) y por último el suero láctico (20%), esta formulación se estableció debido a que las bacterias del abono orgánico son las que sustentan las condiciones de crecimiento de las demás bacterias; por lo tanto se consideró que a esa concentración de lombrihumus es la indicada para determinar el ambiente propicio para la producción de bacterias ácido lácticas, mohos y levaduras.

Una vez realizadas las actividades descritas en el acápite 6.3.1 de la metodología el producto presentó las siguientes características: aroma dulce por la acción de la melaza, consistencia líquida con partículas sólidas sedimentadas en la mezcla, con formación de mohos y levaduras, a este se les realizaron análisis microbiológicos los que se describen siguiente en el acápite.

### 7.2. Caracterización del biofermento

El producto (biofermento) que se sometió a la experimentación presentó como resultados de ensayos microbiológicos se tienen:

**Tabla 13.** Resultados de los análisis microbiológicos del biofermento en la I fase

Tipo de análisis	Tipo de bacteria	Método empleado	Resultado
Pseudomona aeruginosa	bacterias fotosintéticas	Fermentación de tubos múltiples	0 NMP/100ml <sup>4</sup>
Recuento total de	bacterias	Placa difusa	4.0x 10 <sup>3</sup> UFC/ml <sup>5</sup>

<sup>4</sup> Método de Número más probable por cada 100 ml de muestra.

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Tipo de bacteria</b>	<b>Método empleado</b>	<b>Resultado</b>
Bacterias heterótrofas	ácido lácticas		
Recuento de mohos y levaduras	Mohos y levaduras	Placa difusa	0 UFC/ml

En la tabla 13 se muestran los resultados de los análisis microbiológicos realizado en el laboratorio del Instituto de Capacitación, Investigación y Desarrollo Ambiental CIDEA, los que indican que el producto no cuenta con una carga de microorganismos elevado esto; es debido a que se realizaron los análisis cuando los microorganismos han pasado por una etapa de latencia y muerte. Los análisis debieron haberse efectuado 1 mes después de incubadas las bacterias, puesto que es el tiempo óptimo de fermentación y por tanto de reproducción de microorganismos, sin embargo dichos estudios se realizaron 4 meses posterior a la elaboración del mismo, debido a que en primera instancia no se consideraba un factor relevante dentro de la investigación, puesto que se había tomado en cuenta que el contenido de microorganismos se encontraban en la etapa de reproducción según las fases reproductivas de las bacterias después de la fermentación.

### **7.3.Caracterización de las aguas residuales**

Para la realización de los montajes que se diseñaron, se efectuaron coordinaciones con ENACAL para el ingreso a la planta de tratamiento, donde se efectuó un muestreo puntual de 60 litros de aguas residuales tratadas, en recipientes plásticos desinfectados y esterilizados previamente.

Las muestras presentaban un color oscuro característico que se pueden observar en la ilustración 12, las que también denotaban olores altamente desagradables, que durante su traslado hacia la ciudad de Estelí, se mantuvieron preservados en hielo, para evitar alteraciones químicas.

---

<sup>5</sup> Unidades Formadoras de Colonias por cada ml de muestra.



### **Ilustración 12.** Muestras de Aguas residuales tratadas

Se aplicó un análisis a las aguas recaudadas sin el tratamiento, con el objetivo de tomar la misma como una muestra testigo que sirvió para comparar los cambios que se susciten posteriormente en las aguas tratadas.

La muestra testigo recolectada antes de someterla a los tratamientos presentaba una Demanda Química de Oxígeno y Demanda Bioquímica de Oxígeno en una concentración de 289.91 mg/l y 114 mg/l respectivamente. En lo que concierne a coliformes fecal y total presentó concentraciones mayores a  $1.6 \cdot 10^6$  NMP/100ml. Estos resultados sirven de referencias para las comparaciones posteriores de los demás resultados.

#### **7.4.Determinación del efecto del biofermento en las aguas residuales tratadas**

En esta sección se presenta los resultados estadísticos del efecto del uso de biofermento en las aguas residuales:

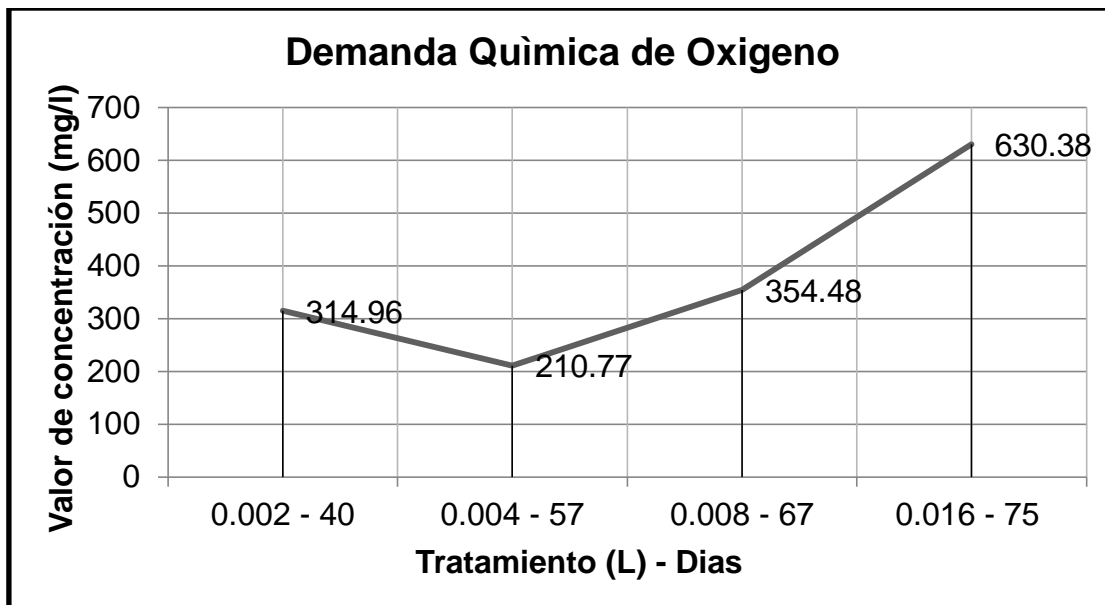
##### **7.4.1. Efecto del biofermento en las muestras de dos litros**

Las muestras de dos litros presentaron cambios relevantes en relación a la muestra de aguas residuales tratadas en lo que respecta a los cuatro tratamientos que fue sometida la muestra. Los cuales se detallan a continuación:

##### **7.4.1.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En la tabla 79 ubicada en el anexo 2 del documento se muestra la base de datos tomada en cuenta para la elaboración del grafico 1 que se muestra a continuación:

**Gráfico 1.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros.



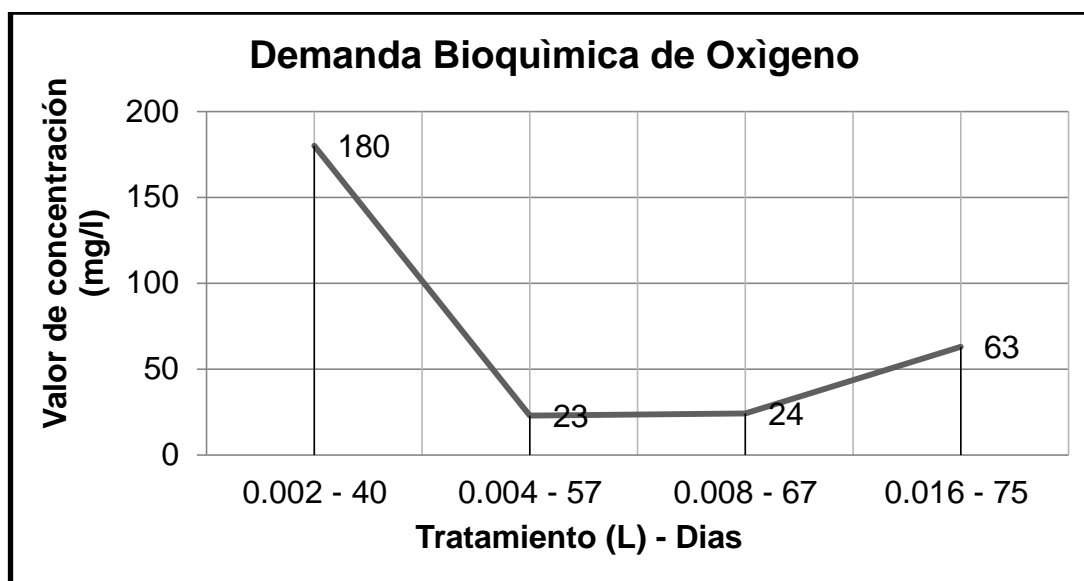
La demanda química de oxígeno de la muestra durante la interacción con el biofermento, produjo un aumento en las concentraciones (314- 630) mg/l en comparación a la muestra inicial, y por ende no cumple con los rangos permitidos por el decreto ambiental. Estas alteraciones pudieron estar influenciadas por el tiempo y el tipo de dosis suministrada debido que al aumentar la dosis y por ende el tiempo hay una alteración de forma considerable en las muestras con respecto a los tratamientos a la que fueron sometida, sin embargo no hay que dejar por un lado la cantidad y variedad de carga microbiana presentes en la mezcla de biofermento más agua residuales tratadas, debido a que los microorganismos combaten por subsistir en el medio y necesitan de oxígeno para la realización de procesos químicos y de esta manera reproducirse. Por lo que se puede concluir que, con estos tratamientos no se logra disminuir la DQO en las muestras.

#### **7.4.1.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

En la tabla 80 se muestra los datos para elaborar el gráfico 2 que hace referencia al a Demanda Bioquímica de Oxígeno en las muestras de dos litros con respecto a las concentraciones y tiempos evaluados.



**Gráfico 2.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros.

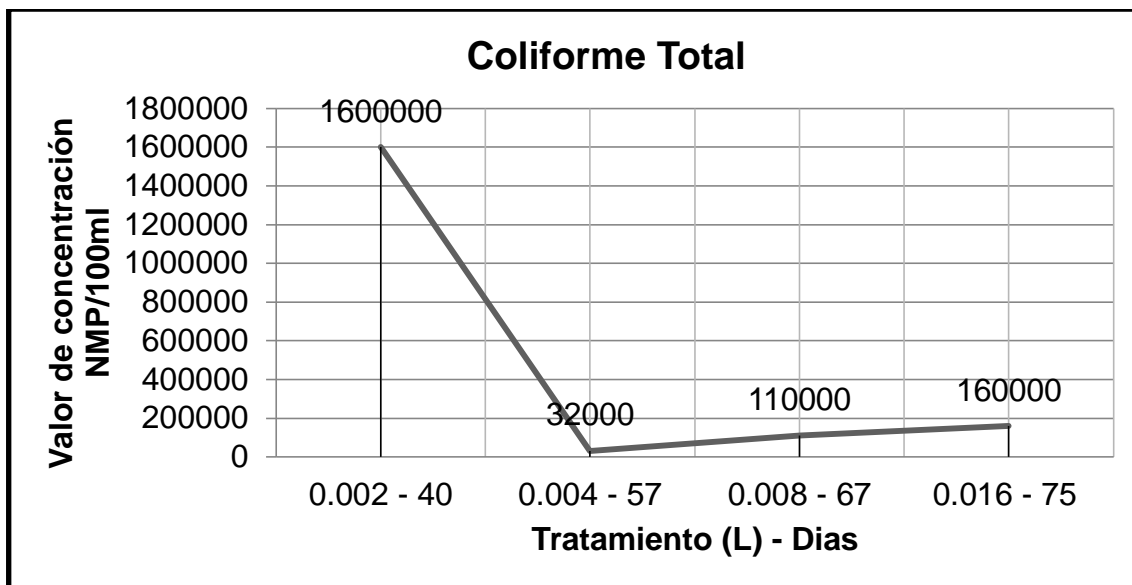


En lo que respecta a la demanda bioquímica de oxígeno disminuyó de 114 mg/l hasta 63 mg/l con respecto a la muestra de aguas residuales tratadas inicial lo que significa que al interactuar las bacterias en el medio contaminante estos utilizaron una cantidad considerable de oxígeno para estabilizar las funciones químicas de reproducción microbiana durante las diferentes dosis y días. Esto muestra claramente que al existir un aumento en la dosis hasta un 8% en un tiempo de 75 días la muestra disminuye mucho más en comparación con los rangos límites permitidos. La disminución del DBO es un factor que se considera positivo, ya que esto indica que existe reducción en la materia orgánica biológicamente. Sin embargo, el tiempo es un aspecto a considerar para lograr la reducción del DBO y en este caso el periodo de residencia es prolongado.

#### 7.4.1.3. Coliformes Total (CT)

En el gráfico 3 se muestra el comportamiento de los coliformes totales en lo que respecta a las muestras de dos litros; por razones de diseño de la gráfica se tuvo que realizar el análisis utilizando números enteros en vez de notación científica. Debido a que el sistema operativo utilizado no permite procesar los datos bajo este régimen. Para ver las cantidades de coliformes totales en notación científica ver tabla 87 en el anexo 2.

**Gráfico 3.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros.

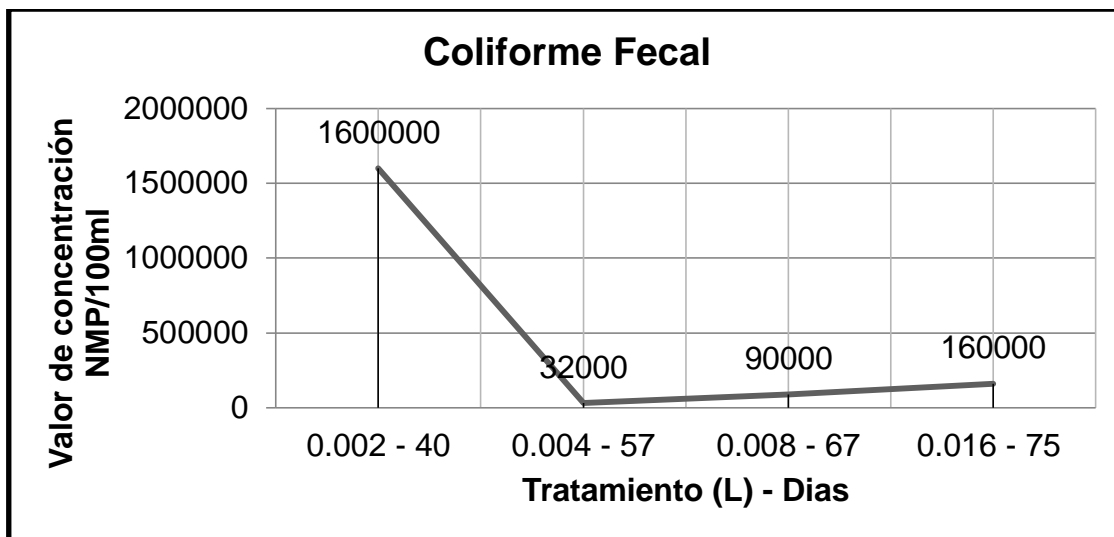


Durante la valoración microbiológica de las muestras los coliformes totales presentaron variaciones durante el aumento de dosis del producto, mostrando una disminución en el segundo tratamiento que correspondía a una dosis del 2% con un tiempo de 57 días hasta  $3.2 \times 10^4$  NMP/100ml lo que muestra que aunque esta dosis disminuyó notoriamente los coliformes en comparación a la muestra inicial no presenta los rangos límites aceptables. Por lo que este tratamiento se considera efectivo, sin embargo este no es suficientemente adecuado por el tiempo de residencia de la muestra.

#### 7.4.1.4. Coliformes Fecal (CF)

Al igual que en el análisis de los coliformes totales se realizó la gráfica para esta variable en números enteros en vez de notación científica, esto es debido a que el diseño de la ilustración no permitía utilizar la notación científica para la evaluación del comportamiento de estas variables. Ver los valores de concentración en notación científica en la tabla 88 del anexo 2.

**Gráfico 4.** Valor de concentración de coliformes Fecales durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros.



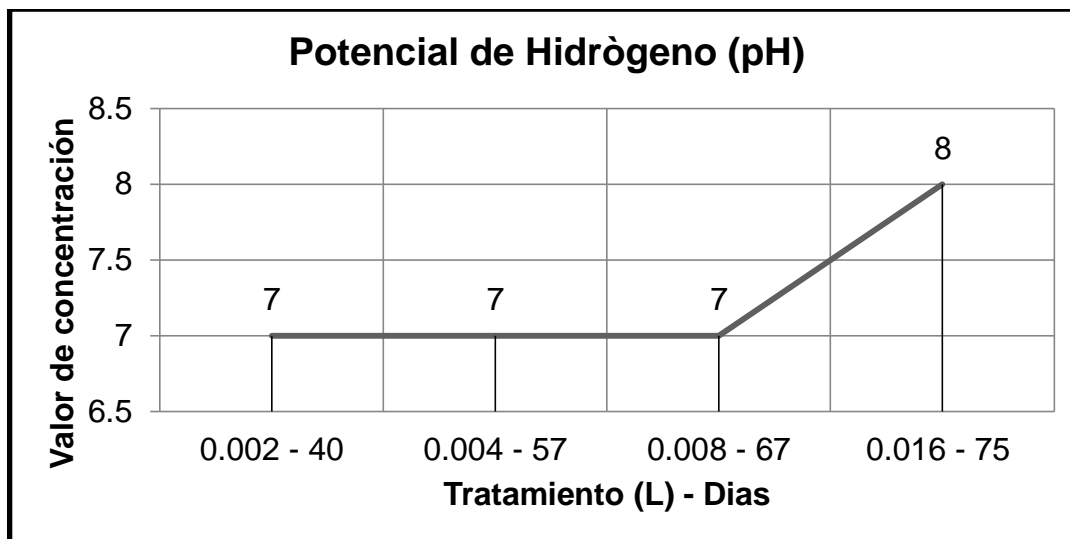
Los coliformes fecales mantienen una variabilidad en cada uno de los tratamientos en el agua residual mezclada con el biofermento, en concentraciones de  $1.6 \times 10^6$ ,  $3.2 \times 10^4$ ,  $9 \times 10^4$  y  $1.6 \times 10^5$  NMP/100 ml tomando en cuenta que el tratamiento que redujo coliformes de manera significativa es la dosis del 2% o el segundo tratamiento al igual que en los coliformes total pero estos no se encuentran dentro de los rangos permitidos debido a que existe un aumento de bacterias presentes en la muestra total. Al igual que en las muestras de CT<sup>6</sup> el tiempo de residencia de las muestras con esta concentración es prolongado para considerarlo como una alternativa de aplicación.

#### 7.4.1.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

En la tabla 71 ubicado en el anexo 2 se detallan los valores de concentración de pH, las que fueron utilizadas para la obtención del siguiente gráfico:

<sup>6</sup>Coliformes Totales

**Gráfico 5.** Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de dos litros.

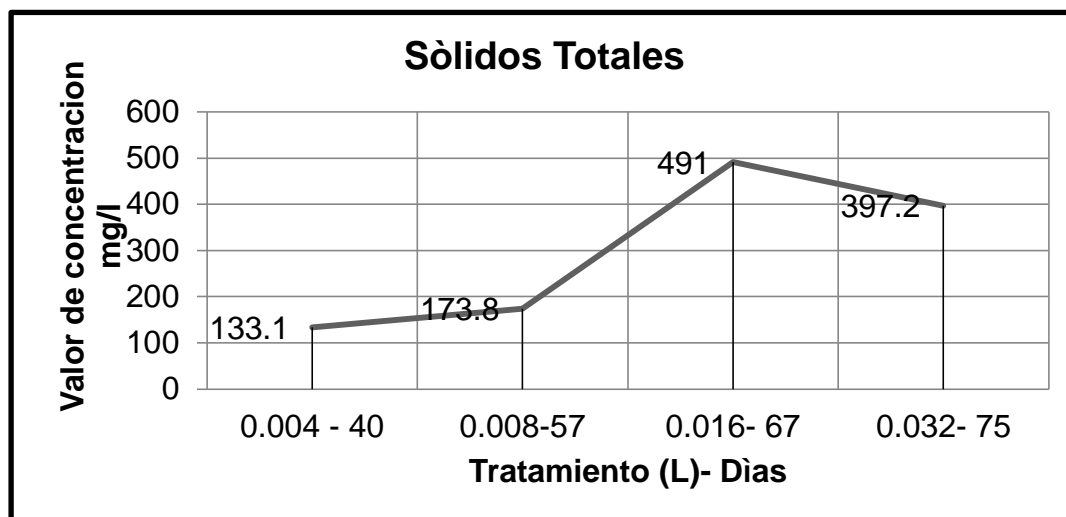


El pH de las muestras se mantiene durante los primeros tres tratamientos (7) aumentando en el último a 8 unidades. Estos rangos se encuentran estables, ya que las bacterias pueden sobrevivir en un medio básico y ácido. Por lo tanto, estas condiciones son viables para cumplir con las funciones de los microorganismos.

#### **7.4.1.6. Sólidos Totales (ST)**

La materia de sólidos o sólidos totales que presenta la muestra de agua durante el primer tratamiento disminuye a un 133.1, mostrándose un ascenso significativo durante el segundo y tercer tratamiento 173.8 y 491.0 respectivamente y descendiendo en el tratamiento 4 con un valor de 397.2. Lo que muestra que se presenta un incremento considerable de materia orgánica en la muestra de agua tratada con el producto puesto que están interactuando los microorganismos y provocando una alteración en las características del agua. Estas alteraciones son positivas ya que la carga de microorganismos crece a medida que aumenta la cantidad de alimento disponible en este caso materia de coliformes las que son indeseables en el agua. Estas concentraciones se muestran en el gráfico 6 que a continuación se muestra:

**Gráfico 6.** Valor de concentración de sólidos totales durante los tratamientos con las muestras de dos litros.



La base de datos para la elaboración del grafico 6 se muestra en la tabla 72 del anexo 2 del documento.

#### **7.4.2. Efecto del biofermento en las muestras de tres litros**

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en las muestras de tres litros que se detallan a continuación:

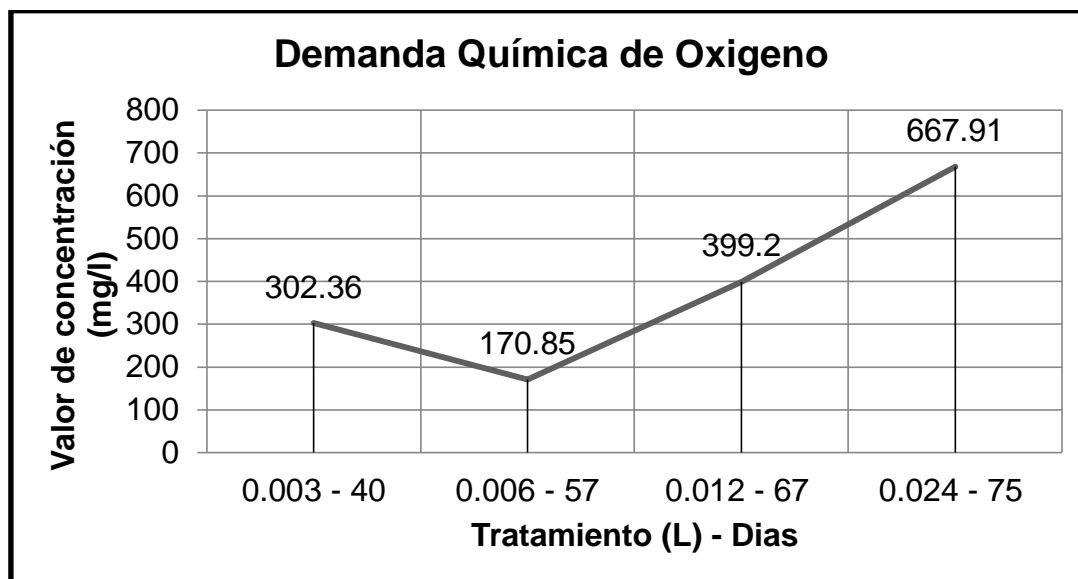
##### **7.4.2.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En el gráfico 7 se presentan el comportamiento de las muestras de tres litros en cuanto a la Demanda Química de Oxígeno, estas mostraron variaciones durante los cuatro tratamientos a los que fueron sometidas siendo de 302.36 mg/l, 170.85 mg/l, 399.2 mg/l y 667.91 mg/l. De los datos recolectados, se observó una considerable disminución en la dosis del 2% o el segundo tratamiento durante 57 días, siendo este un valor de concentración menor en comparación a los demás tratamientos. Por lo tanto, este tratamiento es viable debido a que en la muestra existe una disminución de las actividades químicas realizadas por las bacterias presentes durante la inoculación del producto con el agua pero al evaluar el factor tiempo no lo es debido a que se necesitará de períodos prolongados.

Para la realización de la siguiente gráfica fue necesario realizar la base de

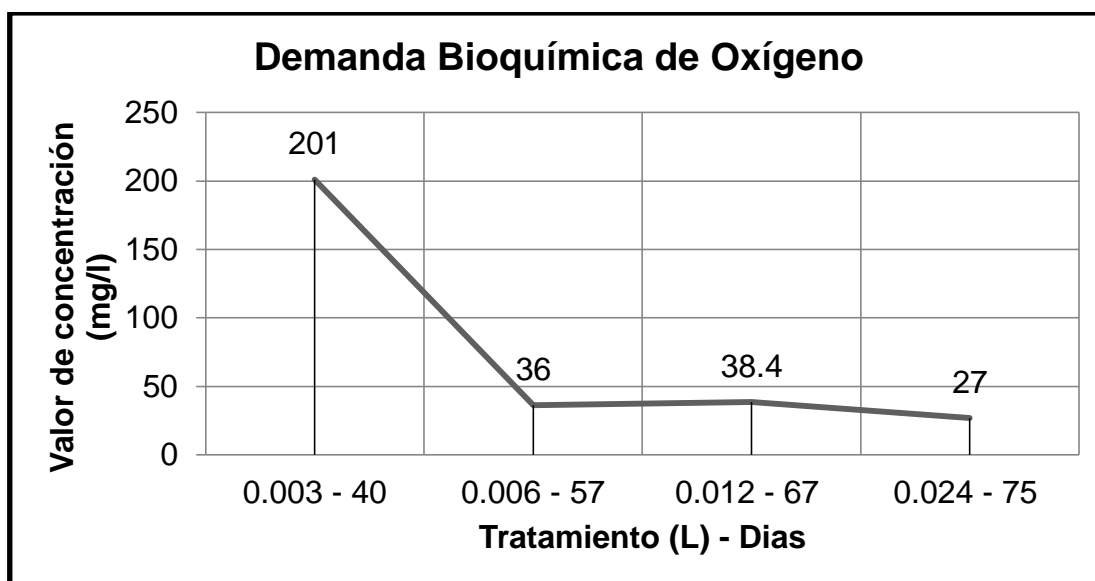
datos esta se encuentra detallada en tabla 81 del anexo 2.

**Gráfico 7.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.



#### 7.4.2.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Gráfico 8.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.



Lo que respecta a la Demanda Bioquímica de Oxígeno disminuye en cada uno de los tratamientos llegando a presentar una concentración final de 27 mg/l en

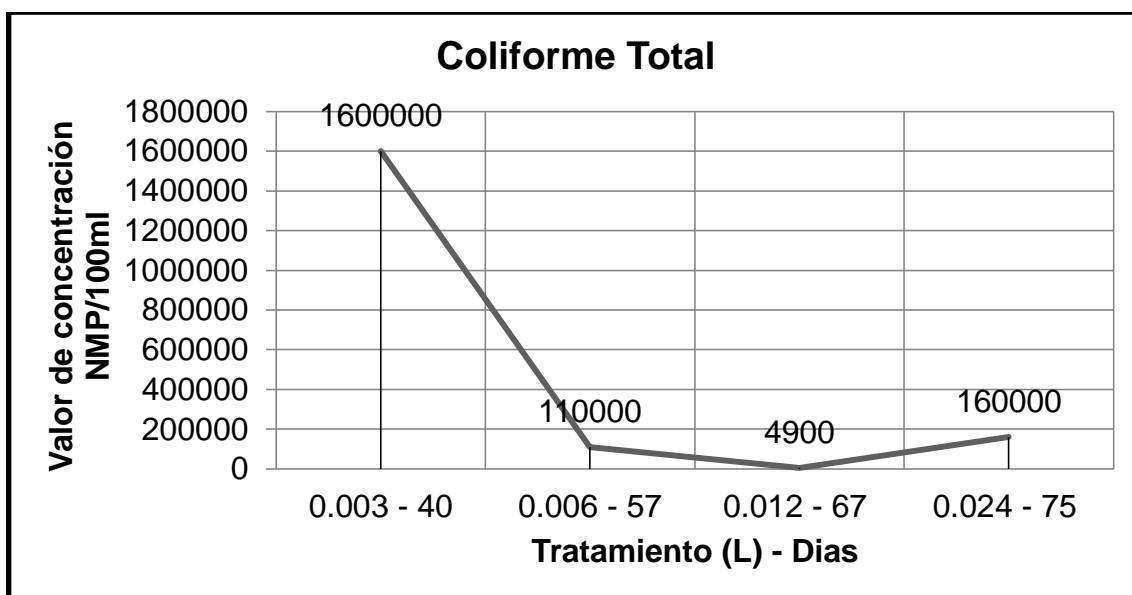
el cuarto tratamiento lo que significa que en lo que respecta a DBO el producto reduce las concentraciones en las muestras, por lo que se puede deducir que al existir un aumento en la dosis y el tiempo hay cambios positivos en lo que respecta a esta variable de estudio. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que se necesitan un largo periodo de tiempo.

La base de datos de la gráfica 8 se encuentra detallada en la tabla 82 del anexo 2.

#### 7.4.2.3. Coliformes Total (CT)

Para el diseño del gráfico 9 se realizó la base de datos que se muestra en la tabla 89 del anexo 2.

**Gráfico 9.** Valor de concentración de Coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.

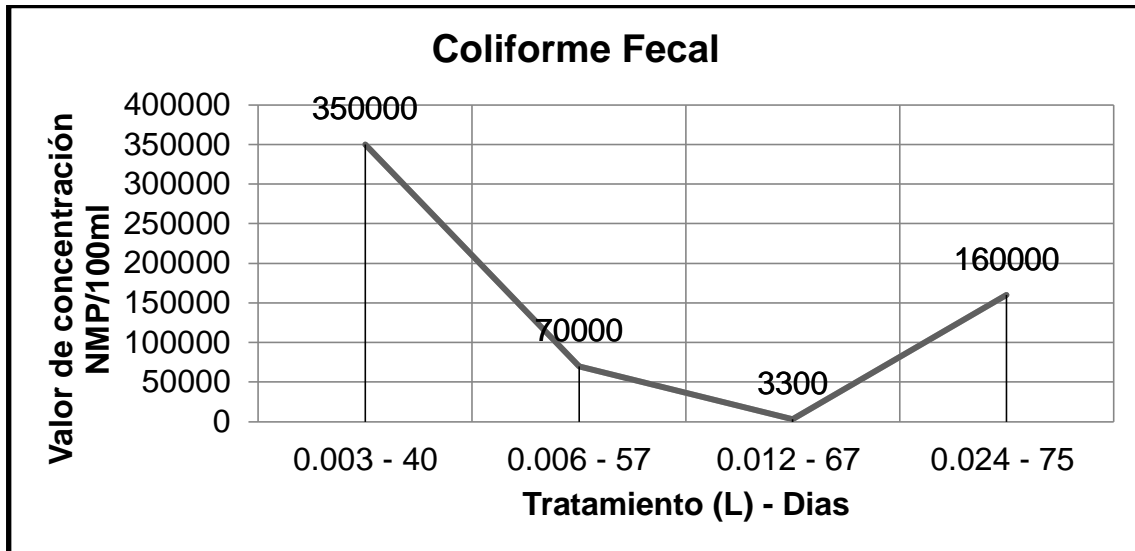


En lo concerniente a coliformes totales las muestras presentaron una disminución relevante en el tratamiento 3 que corresponde a una dosis del 4% con un tiempo estimado de 67 días reduciéndose hasta  $4.9 \times 10^3$  NMP/100ml. Este resultado se encuentra dentro de los rangos permitidos. Por lo tanto, este tratamiento es viable desde el punto de vista de reducción pero al evaluar el factor tiempo no lo es, puesto que se utiliza un largo período de tiempo de residencia.

#### 7.4.2.4. Coliformes Fecal (CF)

En la tabla 90 del anexo 2 se encuentra la base de datos tomada en cuenta para determinar los valores de concentración de los coliformes fecales los que se ven reflejados en la grafica 10 que a continuación se presenta:

**Gráfico 10.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.



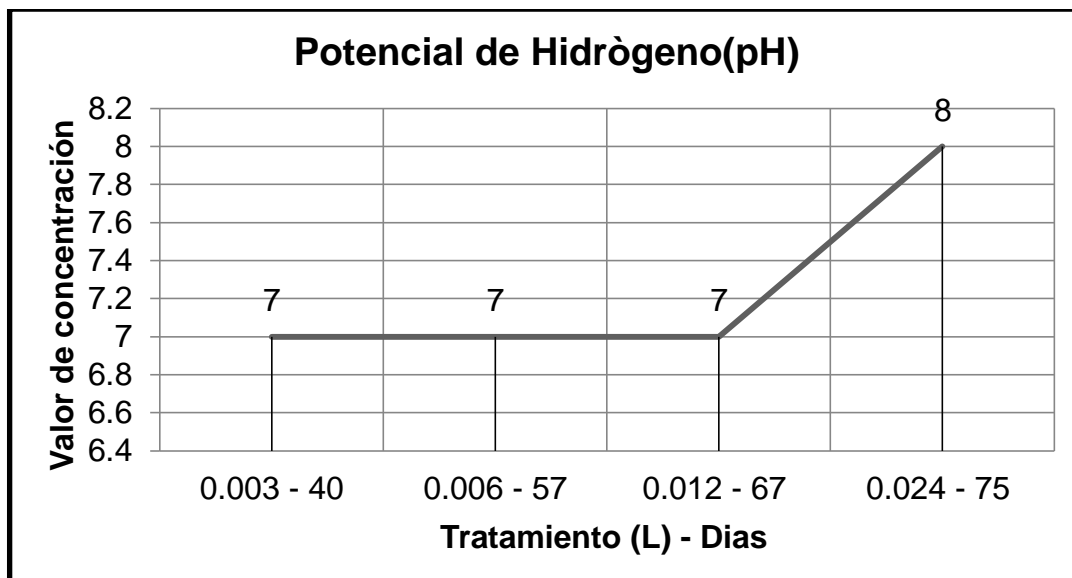
El cambio más significativo respecto a la presencia de coliformes fecales en estas muestras, fue en el tratamiento 3 con un valor de concentración de  $3.3 \times 10^3$  NMP/100ml que representa una dosis del 4% por un tiempo de 67 días de residencia el que se encuentra dentro de los rangos permitidos. Por lo tanto, este tratamiento es viable en la reducción de coliformes pero el tiempo es prolongado por lo tanto es un factor a considerar.

#### 7.4.2.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

Para la elaboración del gráfico 11 se realizo la recopilación de la información que se muestra en la tabla 73 del anexo 2.



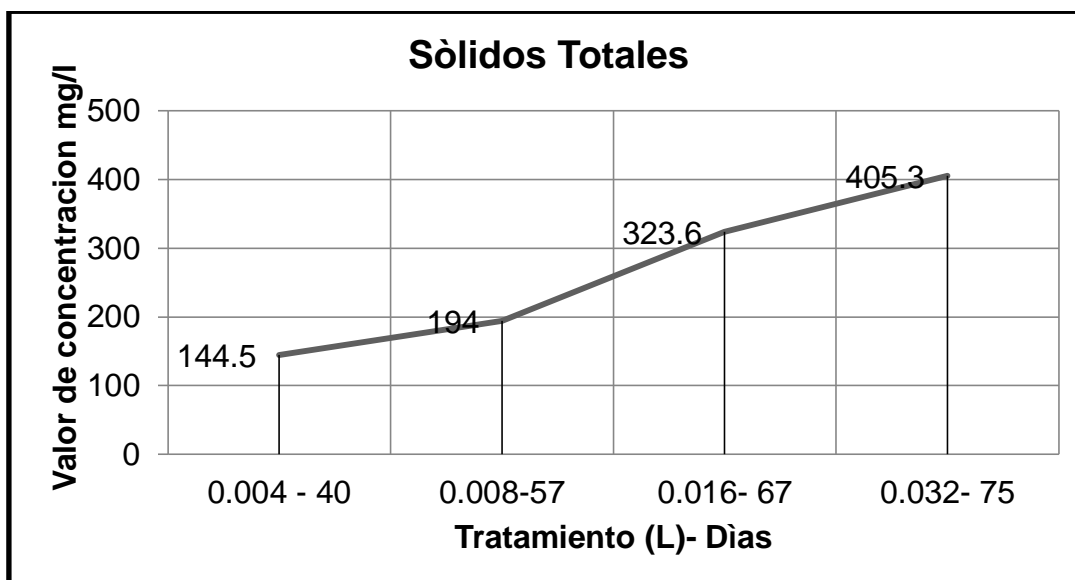
**Gráfico 11.** Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.



El pH se mantuvo neutro con un valor de 7 en los primeros tres tratamientos a diferencia del cuarto tratamiento con un pH básico de 8 esta variable en estudio se encuentra dentro de los límites establecidos. Estos resultados son buenos, puesto que las muestras mantienen las condiciones de pH óptimos para la carga bacteriana presente.

#### 7.4.2.6. Sólidos Totales (ST)

**Gráfico 12.** Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatro tratamientos en las muestras de tres litros.



En lo correspondiente al porcentaje de materia sólida o sólidos totales ST, las muestras presentaron un ascenso durante los tratamientos, mostrando el menor porcentaje durante el primer tratamiento con un valor de 144.5 hasta llegar al tratamiento 4 con 405.3. Al igual que en las muestras de dos litros este incremento en materia sólida está ampliamente ligada a la cantidad de carga orgánica indicando que la dosis del 8% es la que provoca un incremento en los sólidos. Estas alteraciones son positivas debido a que la carga de microorganismos crece a medida que aumenta la cantidad de alimento disponible en este caso materia de coliformes las que son indeseables en el agua.

Para ver los valores de concentración reflejados en este gráfico ver tabla 74 ubicado en el anexo 2

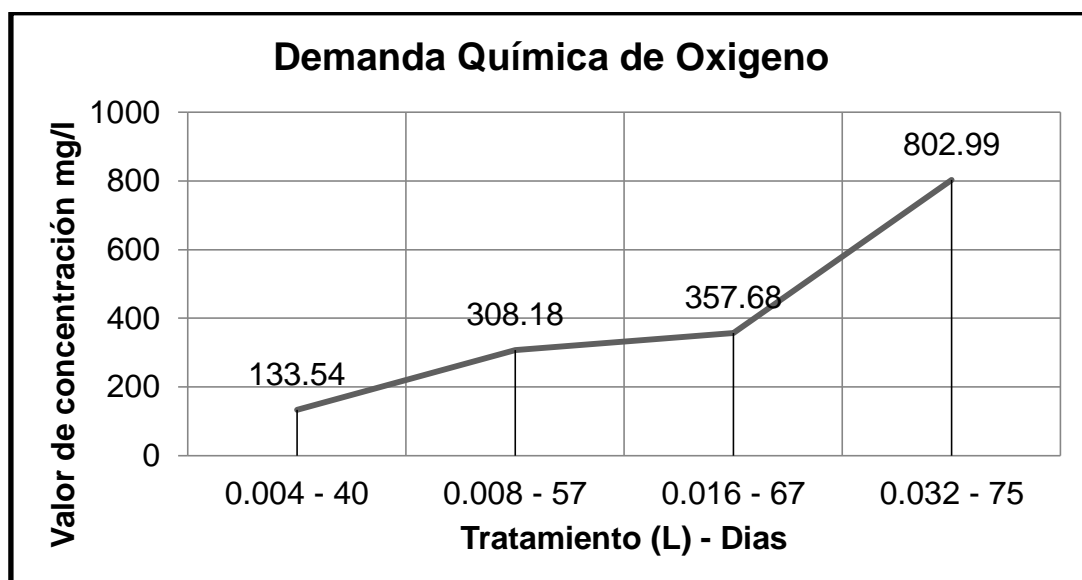
#### 7.4.3. Efecto del biofermento en las muestras de cuatro litros

A continuación se muestran los cambios que presentaron las muestras de cuatro litros de agua tratadas con el biofermento:

##### 7.4.3.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En la tabla 83 del anexo 2 se detallan los valores de concentración de DQO los cuales se muestran en el siguiente gráfico:

**Gráfico 13.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.

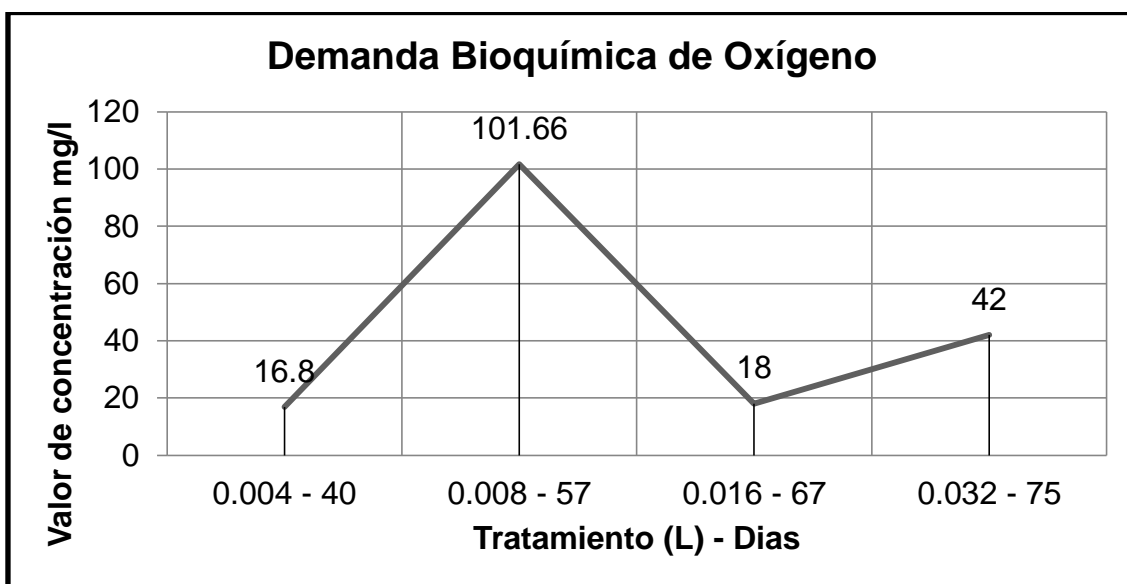


En las muestras de cuatro litros que se sometió a los tratamientos la Demanda Química de Oxígeno aumentó en cada uno de los tratamientos lo que se evidencia que al existir un aumento en la dosis e incremento en el tiempo de residencia del producto en el agua hay una incidencia en la variable DQO la que se encuentra ampliamente ligada por la cantidad de materia microbiana que esta interactuando en el agua tratada. Por lo que se puede concluir que, con estos tratamientos no logran disminuir la DQO en las muestras.

#### 7.4.3.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

En la tabla 84 del anexo 2 se establece las concentraciones de la DBO para la realización del gráfico 14 que se muestra a continuación:

**Gráfico 14.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.

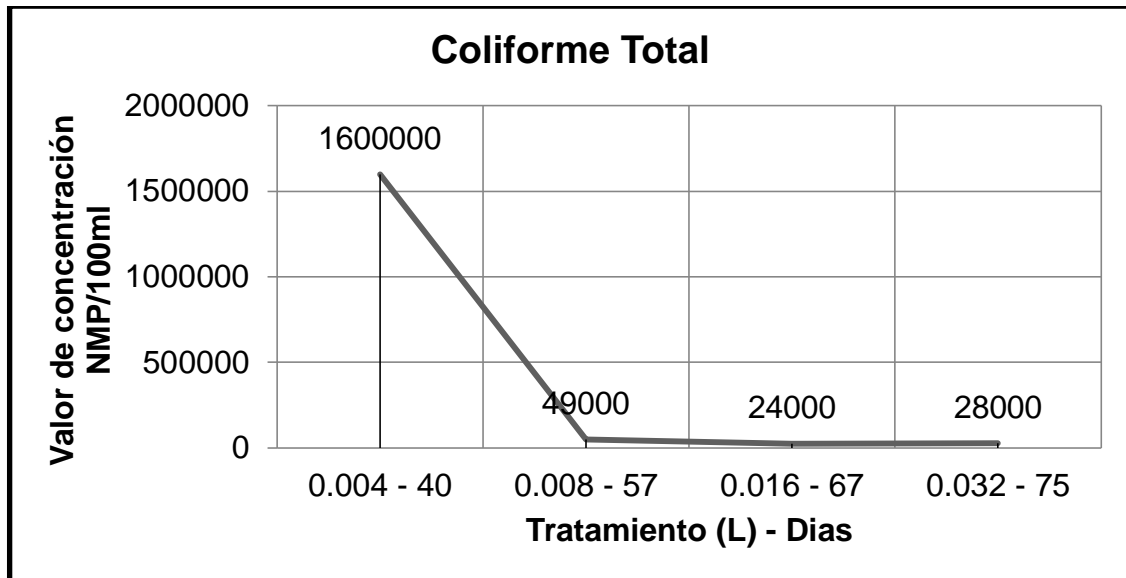


La Demanda Bioquímica de Oxígeno presentó una variabilidad en cada tratamiento con valores de concentración de 16.8 mg/l, 101.66 mg/l, 18 mg/l y 42 mg/l. En estas muestras los tratamientos mantienen esta variable dentro de los límites permitidos lo que indica que el producto aporta una reducción de DBO en el agua residual tratada, lo que es bueno. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que el período de tiempo del producto en la muestra es prolongado.

#### 7.4.3.3. Coliformes Total (CT)

En la tabla 91 ubicado en el anexo 2 del documento, se muestran los valores de concentración de coliformes totales en notación científica.

**Gráfico 15.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.

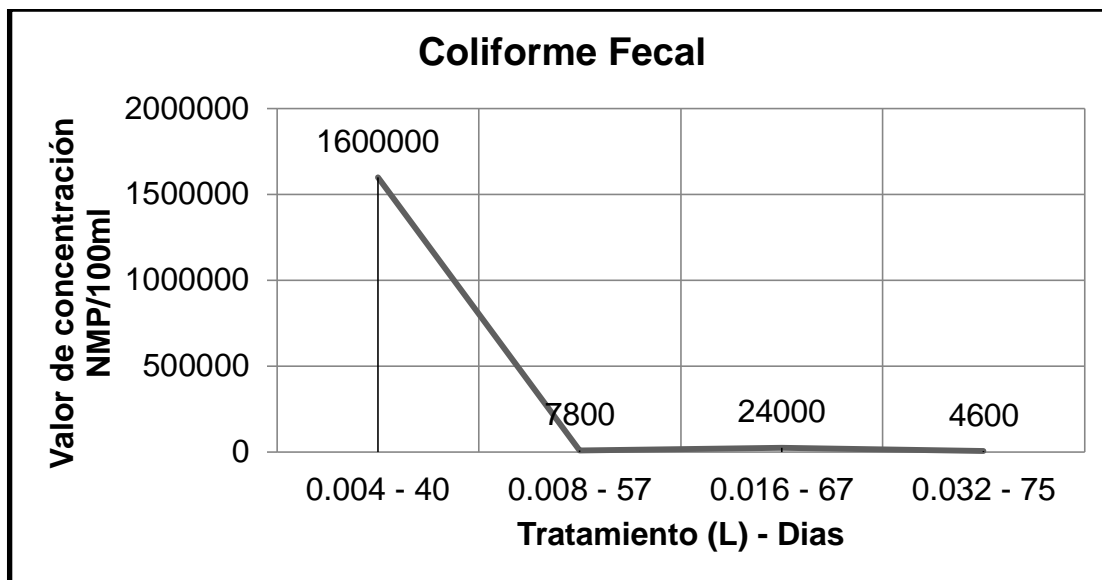


En la valoración microbiológica en estas muestras se identificó que en el tratamiento 3 que corresponde a una dosificación del 4% la concentración de coliformes total disminuyó a un valor de  $2.4 \cdot 10^4$  NMP/100ml en comparación con los tratamientos. Puesto que este valor se encuentra un poco por encima de lo establecido se puede considerar que el producto reduce carga microbiana lo que indica que este tratamiento muestra cambios positivos de acuerdo a la muestra testigo. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que se debe emplear largos periodos de tiempo.

#### 7.4.3.4. Coliformes Fecal (CF)

En el gráfico 16 se muestran los valores de concentración de los coliformes fecales los cuales están expresados en números enteros. Ver tabla 92 en anexo 2 la concentración de esta variable en notación científica.

**Gráfico 16.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.

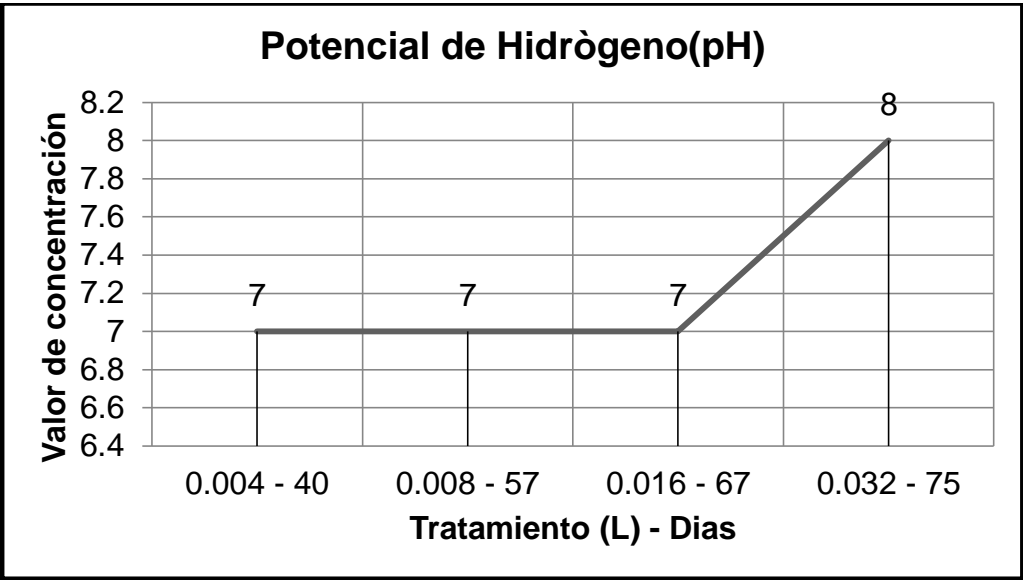


Los coliformes fecales muestran que al existir un aumento de la dosis del producto de hasta 8 veces con un tiempo de 75 días disminuye a una concentración de  $4.6 \cdot 10^3$  NMP/100ml a diferencia que las demás dosis a los que fue sometida la muestra; lo que evidencia que el agua tratada contiene una carga bacteriana aceptable y por ende hay una reducción positiva de CF considerable. Aunque si se toma en cuenta el tiempo como factor no es conveniente, ya que es prolongado.

#### 7.4.3.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

En la tabla 75 del anexo 2 del documento se expresan los valores de concentración del potencial de hidrógeno que se enuncian en la gráfica 17, el cual manifiesta que el pH se mantuvo neutro (7) y básico (8) como en las muestras anteriores por lo que se considera que el proceso degradativo de carga orgánica en el agua tratada mantiene las condiciones de potencial de hidrogeno adecuadas para la reproducción de microorganismos por lo tanto es considerado una variable positiva.

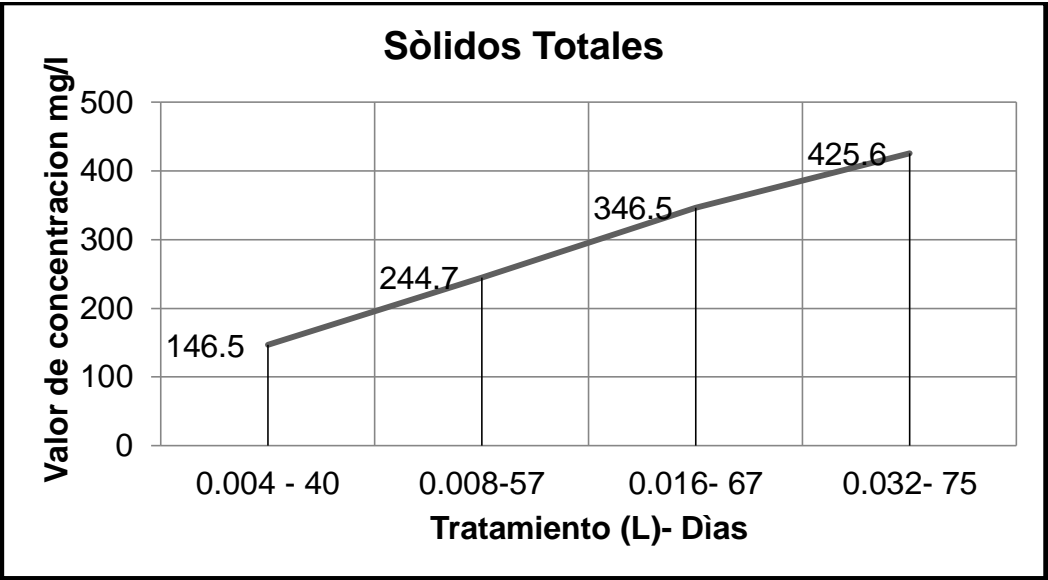
**Gráfico 17.** Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.



**7.4.3.6. Sólidos Totales (ST)**

Para la elaboración del gráfico 18 se realizó una base de datos que se encuentra en la tabla 76 del anexo 2 del presente documento:

**Gráfico 18.** Valor de concentración de Sólidos Totales durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatro litros.



La cantidad de sólidos totales presentes en las muestras de cuatro litros durante los diferentes tratamientos aumentaron durante los cuatro tratamientos teniendo en cuenta que en el tratamiento 1 es el que presentó el menor porcentaje de materia con un valor de 146.5 ascendiendo hasta 425.6. Estos valores al igual que en las otras muestras representa que al haber una interacción microbiana la cantidad de materia orgánica presente en el agua residual tratada se encuentran en constante crecimiento; lo que se considera que al aumentar la dosis del producto existe un aumento en la cantidad de ST en la muestra. Estas alteraciones son positivas porque la carga de microorganismos crece a medida que aumenta la cantidad de alimento disponible en este caso materia de coliformes las que son indeseables en el agua.

#### **7.4.4. Efecto del biofermento en las muestras de cinco litros**

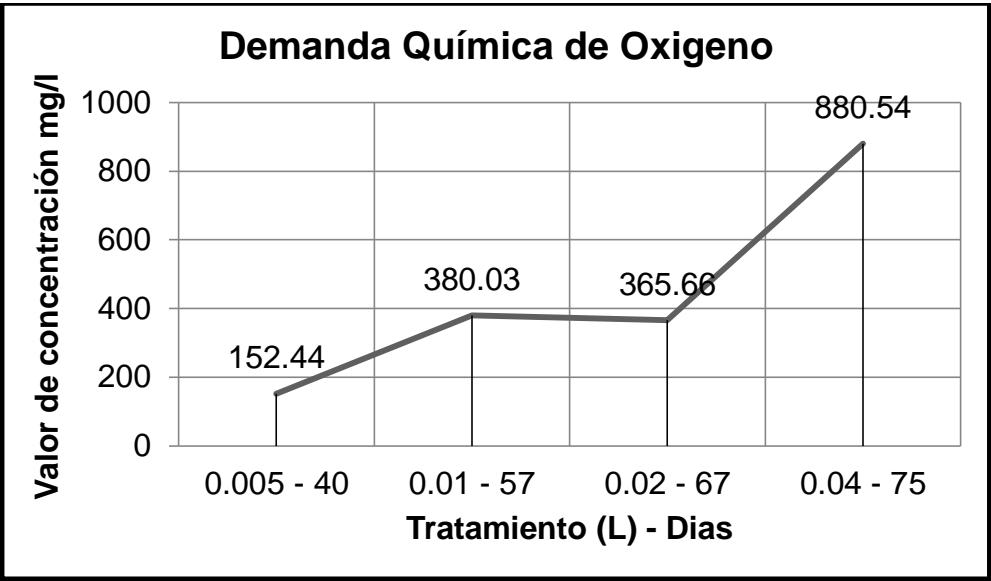
Las muestras de cinco litros de aguas residuales tratadas con biofermento presentaron cambios importantes en relación a las muestras de aguas residuales tratadas sin aplicar biofermento detallándose a continuación:

##### **7.4.4.1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En la tabla 85 se muestra la base de datos para la elaboración del gráfico 19, el que expresa los valores de concentración de la DQO en las muestras.

En el gráfico 19 muestran el agua residual tratada de cinco litros, presentó una Demanda Química de Oxígeno variable en cada uno de los tratamientos lo que indico que existe una demanda de oxígeno mayor a la que inicialmente se tiene cuando existe un aumento de hasta el 8% de dosis con un tiempo de residencia mayor, puesto que estamos incorporando microorganismos que necesitan oxígeno para realizar sus funciones de degradación de materia lo que dificulta mantener rangos de DQO aceptables. Por lo tanto, no se obtienen resultados positivos en la muestra evaluada.

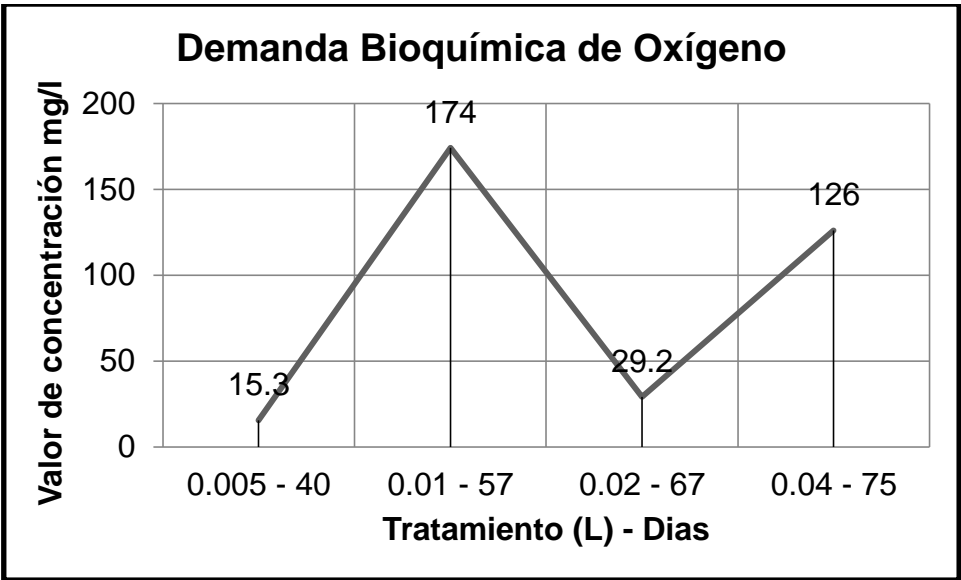
**Gráfico 19.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.



**7.4.4.2. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Los valores de concentración de la DBO del siguiente gráfico se encuentran reflejados en la tabla 86 del anexo 2.

**Gráfico 20.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.



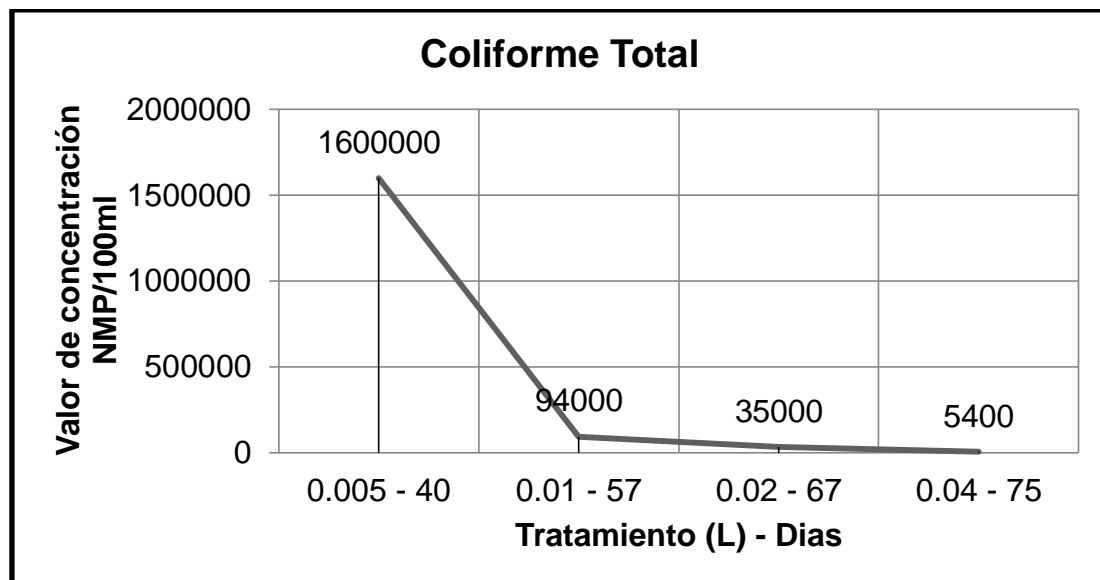


La Demanda Bioquímica de Oxígeno en estas muestras fluctuaron significativamente en cada tratamiento con valores de concentración que oscilaron entre 15.3 mg/l, 174 mg/l, 29.2 mg/l y 126 mg/l de forma respectiva. En vista que en estas muestras se tiene rangos de DBO permitidos debido a la fluctuación de los datos se puede considerar que la dosis del 1% y 4% son los que presentan los valores más bajos y se podría pensar que el tiempo de residencia del producto podrían estar afectando y provocando estas ligeras alteraciones en las muestras. En general, los resultados son positivos, sin embargo, el tiempo no permite que el tratamiento sea del todo viable. (Ver tabla 86)

#### 7.4.4.3. Coliformes Total (CT)

Los valores de concentración de los coliformes totales se encuentran reflejados en notación científica en la tabla 93 del anexo 2.

**Gráfico 21.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.



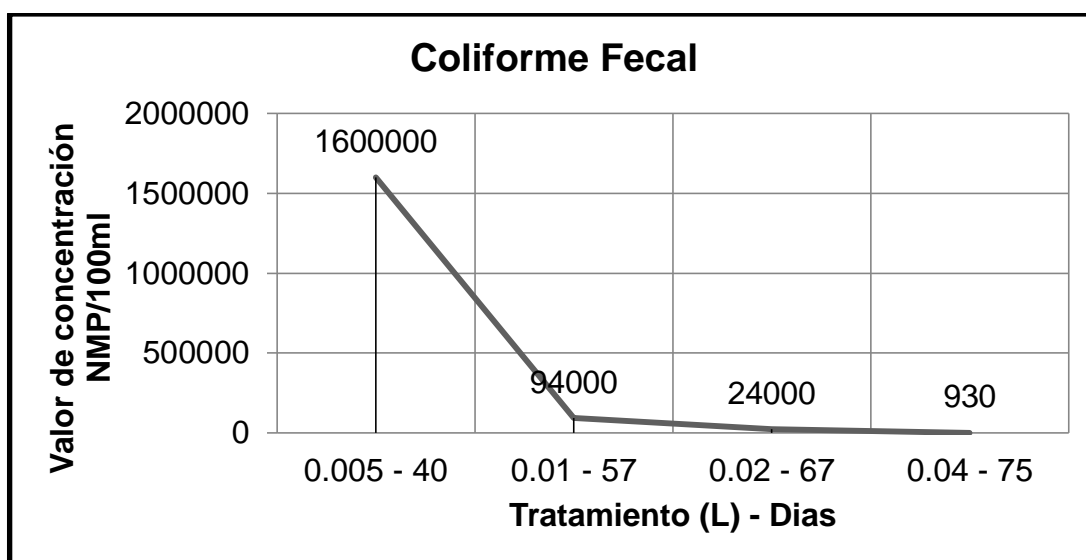
Los coliformes totales disminuyeron su concentración durante el tratamiento 4 que correspondía a una dosis del 8% con un tiempo de 75 días logrando una concentración de hasta  $5.4 \times 10^3$  NMP/100ml con respecto a la inicial. Esta variable microbiológica evaluada se podría considerar que aunque no se encuentra dentro de los límites permitidos representa una disminución de microorganismos considerables, sin embargo, este tratamiento no es viable,

debido a que la cantidad de días que se está evaluando el tratamiento es extenso.

#### 7.4.4.4. Coliformes Fecal (CF)

Para una mayor comprensión de los datos ver la tabla 94 del anexo 2 el cual expresa los valores de concentración de los coliformes fecales en notación científica.

**Gráfico 22.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.

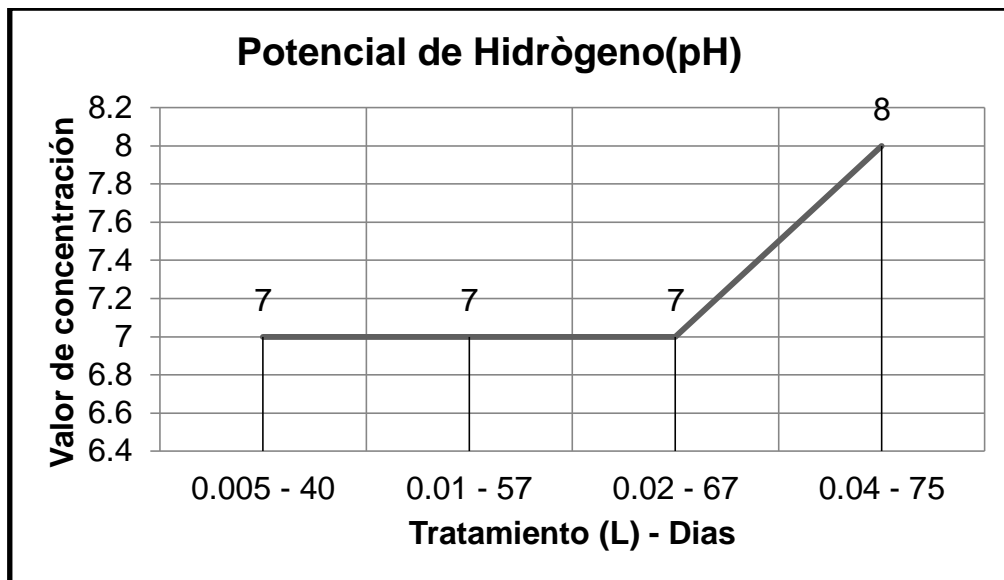


Los coliformes fecales durante el tratamiento 4 que corresponde a una dosis del 8% con un tiempo de 75 días al igual que los totales disminuyeron a una concentración de  $9.3 \times 10^2$  NMP/100ml que al disminuir las demás dosis, las cuales mantienen valores de concentración relativamente altos; por lo tanto, se podría decir que esta dosis- tiempo reduce carga microbiana en los rangos aceptables a diferencia de las otras dosis. Este tratamiento es efectivo, sin embargo para su mayor funcionalidad el tiempo debería ser menor.

#### 7.4.4.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

Los valores de pH del gráfico 23 se encuentran expresados en la tabla 77 en el anexo 2 del documento.

**Gráfico 23.** Valor de pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cinco litros.

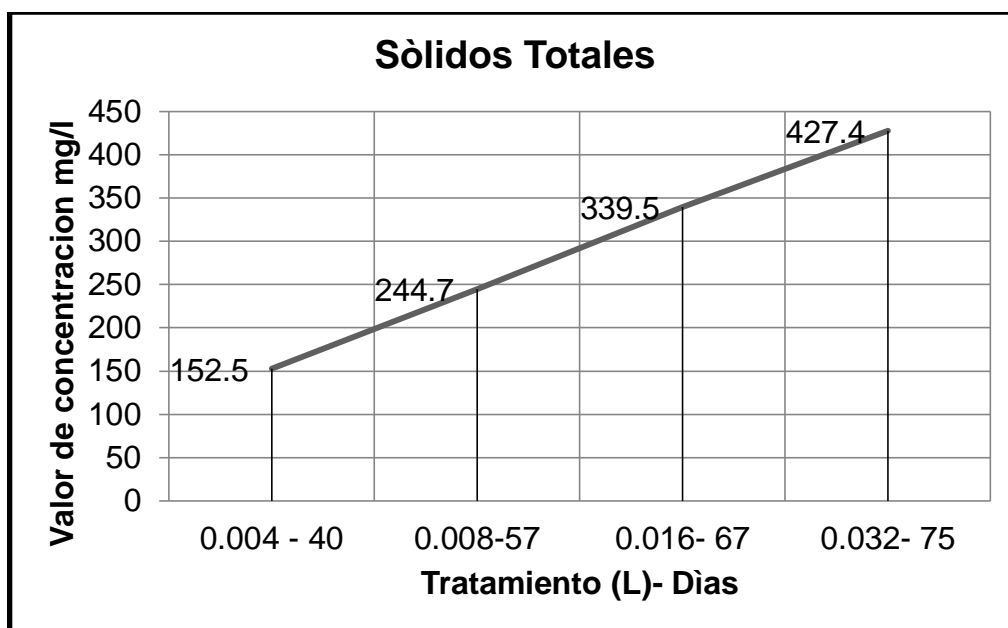


El pH se mantuvo constante al igual que las demás muestras neutro en los primeros tres tratamientos y básico en el cuarto tratamiento. El pH se muestra estable puesto que las mismas bacterias que interactúan en las demás muestras son las que trabajan en las de cinco litros y por lo tanto estos datos son positivos ya que mantienen condiciones aceptable de potencial de hidrogeno en el agua tratada.

#### 7.4.4.6. Sólidos Totales (ST)

En el gráfico 94 expresa que la materia o sólidos totales ST durante los tratamientos ascendieron del 152.5 hasta 427.4. Tomando en cuenta que en relación a esta variable existirá un aumento en la cantidad de materia orgánica debido a la mezcla de producto que junto con los componentes orgánicos del agua mantienen las condiciones de ST altos. Estas alteraciones son positivas, ya que esto indica que la carga de microorganismos crece a medida que aumenta la cantidad de alimento disponible por lo que están degradando materiales de origen orgánico.

**Gráfico 24.** Valor de concentración de sólidos totales en cada tratamiento en las muestras de cinco litros.



Para efectos del diseño de la grafica la tabla 78 se pone en manifiesto la base de datos recolectada para determinar los valores de concentración mostrados en la gráfica.

#### 7.4.5. Consolidado de las muestras evaluadas en la primera etapa de la investigación

En la tabla 14, se muestra de forma general los rangos en que se encontraron las muestras con respecto a los tratamientos evaluados, teniendo como resultados que el biofermento logra reducir a niveles aceptables según los establecidos por la normativa de vertido (Decreto 33-95). Por lo anterior se atribuye que el coagulante reduce hasta 133.54 mg/l de DBO y 16.8 mg/l de DQO, en coliforme fecal y total el cual logra disminuir hasta  $2.4 \times 10^4$  NMP/100ml (24000), en comparación con las muestras de aguas residuales tratadas en la planta, las cuales no cumplen con la normativa evaluada. Por lo que se puede decir que el producto es efectivo y logra definirse de esta manera como una nueva alternativa de tratamiento de aguas residuales domésticas.

**Tabla 14.** Consolidado de tratamientos y muestras en los diferentes tiempos

Tipo De Análisis.		DQO mg/l	DBO mg/l	Coliformes Total NMP/100 ml	Coliformes Fecal NMP/100 ml	PH	Sólidos Totales mg/l
<b>Muestra Testigo.</b>		289.91	114	$>1.6 \cdot 10^6$	$>1.6 \cdot 10^6$		
Trata miento de 2 litros.	<b>0.002 – 40</b>	314.96	180	1600000	1600000	7	133.1
	<b>0.004 – 57</b>	210.77	23	32000	32000	7	173.8
	<b>0.008 – 67</b>	354.48	24	90000	110000	7	491.0
	<b>0.016 - 75</b>	630.38	63	160000	160000	8	397.2
Trata miento de 3 litros.	<b>0.003 - 40</b>	302.36	201	1600000	350000	7	144.5
	<b>0.006 - 57</b>	170.85	36	110000	70000	7	194.0
	<b>0.012 - 67</b>	399.2	38.4	4900	3300	7	323.6
	<b>0.024 - 75</b>	667.91	27	160000	160000	8	405.3
Trata miento de 4 litros.	<b>0.004 – 40</b>	133.54	16.8	1600000	1600000	7	146.5
	<b>0.008 – 57</b>	308.18	101.6 6	49000	7800	7	244.7
	<b>0.016 – 67</b>	357.68	18	24000	24000	7	346.5
	<b>0.032 – 75</b>	802.99	42	28000	4600	8	425.6
Trata miento de 5 litros.	<b>0.005 – 40</b>	152.44	15.3	1600000	1600000	7	152.5
	<b>0.01 – 57</b>	380.03	174	94000	94000	7	244.7
	<b>0.02 – 67</b>	365.66	29.2	35000	24000	7	339.5
	<b>0.04 – 75</b>	880.54	126	5400	930	8	427.4
<b>Valores Permisibles Según Decreto 33-95</b>		<b>220</b>	<b>110</b>	<b><math>\leq 5 \cdot 10^3 =</math> 5000</b>	<b><math>\leq 5 \cdot 10^3 =</math> 5000</b>	<b>6-9</b>	<b>100</b>

A continuación se presentan las variables estudiadas y algunos fundamentos teóricos que muestran los cambios a los que pudieron ser atribuidos las muestras analizadas:

## **Variables de estudio**

### **1) Demanda Química de Oxígeno(DQO)**

Durante los tratamientos se observan cambios en las muestras donde se denota una disminución de la DQO a partir del tratamiento 3; los cuales se eleva hasta valores superiores de 630.38mg/l en el tratamiento 4 (8% con 75 días). Tomando en cuenta que la DQO. Según (Quiroz, 2012) afirma que: “Es la cantidad de oxígeno que sustancias reductoras, como la materia orgánica, presentes en una muestra de agua residual necesitan para descomponerse, sin la intervención de microorganismos”, se puede considerar que los cambios químicos que sufrieron las muestras con los tratamientos altero esta variable considerando que los procesos químicos no están completamente ligados a los que son de origen biológico.

Por lo que se puede decir que esta variable presenta resultados mayores que la DBO lo que significa que la DQO de un agua residual suele ser mayor que su correspondiente DBO, siendo esto debido al mayor número de compuestos cuya oxidación tiene lugar por vía química frente a los que se oxidan por vía biológica. (Fuentes, Melgar, & Pineda, 2011)

### **2) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Las muestras presentan variabilidad cuando se dan un aumento en las concentraciones, llegando a determinar que durante los tratamientos presentan valores de concentración de DBO relativamente bajos por lo que se puede considerar que durante el aumento de la dosis del 8% con un tiempo de residencia de 75 días presento un incremento de esta concentración. Esto es atribuido a que la DBO está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica, esta se emplea para medir el contenido de materia orgánica tanto de las aguas naturales como de las residuales. (Murillo, 2011)

La DBO es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. Si estos factores son constantes, la velocidad de oxidación de la materia orgánica se puede expresar en términos del tiempo de vida media

(tiempo en que descompone la mitad de la cantidad inicial de materia orgánica del elemento nutritivo).(Freire)

### **3) Coliformes totales y fecales**

“Los microorganismos patógenos se encuentran presentes en la misma concentración y que su comportamiento frente a diferentes factores como pH, temperatura, presencia de nutrientes o sus sistemas de desinfección es similar a la del indicador”.(Arcos, Ávila, Estupiñan, & Gómez, 2005).

Por lo anterior, al realizar una valoración de carácter microbiológica en las aguas residuales tratadas se puede identificar que las muestras de dos y tres litros evaluadas con el tratamiento 3 (4% con 57 días) se presentan un descenso de coliformes, pero durante el tratamiento 4 (8% durante 75 días) estas aguas muestran un incremento de carga bacteriana en comparación a las otras muestras, lo que se puede deducir que los cambios atribuibles a la cantidad de contaminación que tienen las muestras están asociadas a la cantidad de materia orgánica, pH y poblaciones de bacterias presentes en el producto.

### **4) Potencial de Hidrogeno (pH)**

Los tratamientos provocan cambios en pH en las muestras lo que puede establecerse que en el cuarto tratamiento se aumentó de 7 a 8 unidades el nivel de acidez durante la inoculación de las aguas con el producto. Según (UNAVARRA, 2002) establece que: “Este es un parámetro crítico en el cultivo de microorganismos ya que estos sólo pueden crecer en un rango estrecho de pH fuera del cual mueren rápidamente”.

Por otra parte, al existir pH bajos en el medio que producen ciertos microorganismos les confiere una ventaja selectiva frente a otros microorganismos competidores. Las bacterias lácticas que producen grandes cantidades de ácido láctico como consecuencia de su metabolismo primario reducen el pH del medio de cultivo a valores inferiores a los soportables por otras bacterias competidoras (llegan a bajar el pH del medio hasta 4.5). De esta forma, las bacterias competidoras mueren y las lácticas se convierten en la población dominante.(UNAVARRA, 2002)

Una reducción del pH se puede deber a varios factores, uno de los cuales es la liberación de ácidos orgánicos de cadena corta (fórmico, acético, láctico) por ciertas bacterias. En este sentido, hay que tener en cuenta que la acción bactericida de estos ácidos orgánicos de cadena corta es más potente que la debida únicamente a la bajada del pH que producen. Esto es, los ácidos orgánicos de cadena corta son tóxicos para algunas bacterias por sí mismos.(UNAVARRA, 2002)

Por lo anterior, las muestras presentaron valores de pH que se mantuvieron en los niveles adecuados para el crecimiento y metabolismo correcto de los microorganismos presentes en las aguas residuales tratadas con el coagulante.

## 5) Sólidos totales

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua. Tomando en cuenta que las aguas tratadas presentan un incremento durante el tratamiento 4, se logra establecer que a medida que existe un incremento en las dosificaciones y días de los tratamientos se establecen valores elevados de sólidos totales.

### 7.4.6. Análisis de varianza y Tablas de Contingencia de las muestras con respecto a los tratamientos

Para la comprensión de los datos obtenidos en la experimentación o etapa 1 se utilizaron análisis estadísticos de varianza y tablas de contingencias las que mostraron los siguientes resultados:

#### 7.4.6.1. Análisis de varianza por medio del Test LSD de FISHER

##### 7.4.6.1.1. Análisis de la varianza de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 15.** Análisis de la varianza de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Variable	N <sup>7</sup>	R <sup>2</sup> <sub>8</sub>	R <sup>2</sup> Aj <sub>9</sub>	Coefficiente de Variación
Demanda Bioquímica de Oxígeno	16	0.20	0.00	93.53

<sup>7</sup> Número de datos

<sup>8</sup> Coeficiente de determinación

<sup>9</sup> Coeficiente de determinación corregido



El  $R^2$  es bajo, por lo tanto el modelo explica que hay poca variabilidad en los datos correspondientes al DBO, mientras que el CV es alto por lo que existe una variabilidad elevada de los datos. Esto explica que el biofermento en las aguas no presenta cambios tan relevantes, puesto que existe una diferencia considerable en cada una de las muestras de aguas residuales tratadas. Por lo tanto, los datos obtenidos no son totalmente certeros.

**Tabla 16.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de DBO

F.V. <sup>10</sup>	SC <sup>11</sup>	gl <sup>12</sup>	CM <sup>13</sup>	F <sup>14</sup>	p-valor <sup>15</sup>
Modelo.	12554.53	3	4184.84	0.98	0.4327
Dias_ml/lts	12554.53	3	4184.84	0.98	0.4327
Error	51012.01	12	4251.00		
Total	63566.54	15			

El análisis de varianza mostró una hipótesis nula, esto es ocasionado debido a que no existe diferencia en las muestras de aguas evaluadas debido a que las variables días- dosis correspondiente a la DBO. Lo que representa que las bacterias presentes en la mezcla no varían la concentración de oxígeno que estos están necesitando para realizar los procesos de transformación por lo que no presentan cambios relevantes en todas las muestras. Por lo tanto este diseño no muestra de manera más concreta los cambios en las muestras.

**Tabla 17.** Test LSD<sup>16</sup> de Fisher de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Alfa=0.05 DMS=100.45013**

Error: 4251.0012 gl: 12

Dias_ml/lts	Medias*	n <sup>17</sup>	E.E.	
67.00_4.00	27.4	4	32.6	A

<sup>10</sup> Fuentes de variación

<sup>11</sup> Suma de Cuadrados

<sup>12</sup> Grados de Libertad

<sup>13</sup> Cuadrados medios

<sup>14</sup> Test F (Fisher- Snedecor)

<sup>15</sup> Valor del estadístico calculado

<sup>16</sup> Mínima Diferencia Significativa.

<sup>17</sup>Número de sujetos en la muestra que puede tomar un valor de forma libre.

Dias_ml/lts	Medias*	n <sup>17</sup>	E.E.	
75.00_8.00	64.5	4	32.6	A
57.00_2.00	83.67	4	32.6	A
40.00_1.00	103.28	4	32.6	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

\*Medias expresadas en mg/l

Los resultados de DBO denotan que se forma un solo grupo; pero las medias muestran que en las aguas residuales tratadas donde se le aumento cuatro veces la dosis en un tiempo de 67 días, es el que presentó el menor valor. Por lo tanto no se puede definir si este tratamiento es aplicable, ya que el tiempo en que se evaluó la dosis es prolongado y no se sabe si es este factor o la dosis la que causa estos valores de concentración.

#### 7.4.6.1.2. Análisis de la varianza de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 18.** Análisis de la varianza de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Demanda Química de Oxígeno	16	0.87	0.84	22.33

El R<sup>2</sup> es bueno, por lo tanto el modelo explica una variabilidad en los datos de DQO, en lo que respecta al CV es bajo por lo que mostró poca variabilidad en las muestras. Esto es causado por la acción microbiana que está en la mezcla agua-biofermento por lo que se podría decir que estos provocan cambios en la variable DQO debido a que se presentan transformaciones químicas que se están dando en el medio.

**Tabla 19.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Dias_ml/lts	672691.6	3	224230.5	27.84	<0.0001
Error	672691.6	3	224230.5	27.84	<0.0001
Total	96657.53	12	8054.79		

El modelo mostró en el análisis de varianza que se generó una hipótesis alternativa por lo tanto existe una variación significativa en DQO. Esto es debido a que los datos obtenidos muestran que los microorganismos presentes en las muestras están demandando oxígeno para la realización de los procesos metabólicos de origen químico.

**Tabla 20.** Test LSD de Fisher de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Alfa=0.05 DMS=138.27132**

Error: 8054.7941 gl: 12

Dias_ml/lts	Medias*	n	E.E.			
40_1.00	225.83	4	44.87	A		
57_2.00	267.46	4	44.87	A	B	
67_4.00	369.26	4	44.87		B	
75_8.00	745.46	4	44.87			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).*

\*Medias expresadas en mg/l. A, B y C corresponden a grupos homogéneos para obtener mayor facilidad de análisis ya que cada letra representa un rango de medias que permite clasificar las variables. Así mismo permite identificar la variabilidad de los datos.

En las pruebas de DQO presentaron cambios variables en las muestras mostrando la dosis 1% con un tiempo de 40 días es el que disminuyó de forma considerable la cantidad de DQO en las muestras a diferencia de la dosis del 8% con respecto a un tiempo de residencia de 75 días. Observándose una tendencia en las medias y formación de tres grupos. Lo que representa un dato positivo, pero el tiempo en que se evaluó la muestra se considera largo.

#### 7.4.6.1.3. Análisis de la varianza de Coliformes Fecales

**Tabla 21.** Análisis de la varianza de Coliformes Fecales

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Coliformes Fecales	16	0.79	0.74	87.12

El  $R^2$  es bueno, sin embargo el modelo generó una variabilidad relevante en los datos correspondiente a las pruebas de coliformes fecales. El CV es elevado por lo que hay una tendencia a que los datos varíen. Lo que indica que esta variable en estudio está generando cambios; ya que las bacterias del multicultivo con las presentes en el agua están luchando para coexistir en el medio.

**Tabla 22.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Coliformes Fecales

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	4.55501E+12	3	1.5183E+12	15.12	0.0002
Dias_ml/lts	4.55501E+12	3	1.5183E+12	15.12	0.0002
Error	1.20531E+12	12	1.0044E+11		
Total	5.76032E+12	15			

La varianza de los coliformes fecales mostró que este análisis está regido bajo una hipótesis alternativa por lo que existen variaciones significativas en las muestras tratadas, esto es debido a que las bacterias están siendo reducidas en cada muestra.

**Tabla 23.** Test LSD de Fisher de Coliformes Fecales

**Alfa=0.05 DMS=487476.69735**

Error: 100114723097.9167 gl: 12

Dias_ml/lts	Medias*	n	E.E.		
67.00_4.00	35325	4	158463.54	A	
57.00_2.00	50950	4	158463.54	A	
75.00_8.00	81382.5	4	158463.54	A	
40.00_1.00	1287500	4	158463.54		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )*

\*Medias expresadas en NMP/100ml

Mediante el método de Fisher mostró que en lo referido a coliformes fecales; se presenta la formación de dos grupos de interés en donde se evidencia que el

tratamiento que presentó el cambio variable más importantes fue el tratamiento 3 correspondiente a la dosis del 4% con respecto a un tiempo de 67 días. Así mismo se reflejaron cambios positivos en las dosis del 2 y 8%. Cabe mencionar que estas dosis redujeron de manera significativa la carga de coliformes en comparación a la muestra testigo que presentaba valores  $>1.6 \cdot 10^6$  NMP/100ml. Sin embargo los tiempos prolongados son considerados un factor negativo.

#### 7.4.6.1.4. Análisis de la varianza de coliformes totales

**Tabla 24.** Análisis de la varianza de coliformes Totales

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Coliformes Totales	16	1.00	0.99	11.31

El R<sup>2</sup> es excelente, por lo tanto el modelo explica que hay variabilidad de coliformes totales, el CV es bajo por lo que existe poca variabilidad en las muestras. Estos datos muestran que los CT en el agua tratada presentan una variabilidad baja en las muestras; por lo tanto, se podría decir que las bacterias están actuando en las muestras de aguas en estudio y generan cambios en cada una de las muestras a medida que se les aplica la dosis en diferentes tiempos.

**Tabla 25.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de coliformes Totales

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Dias_ml/lts	7048009986875.00	3	2349336662291.67	903.31	<0.0001
Error	31209727500.00	12	2600810625.00		
Total	7079219714375.00	15			

La varianza generó una hipótesis alternativa; por lo que existen variaciones de coliformes totales. Esto significa que dichos datos muestran que existe un efecto del uso del biofermento importante en lo que respecta a CT en las muestras de aguas.

**Tabla 26.** Test LSD de Fisher de coliformes Totales

**Alfa=0.05 DMS=78570.45176**

Error: 2600810625.0000 gl: 12

Dias_ml/lts	Medias*	n	E.E.		
67_4.00	43475.00	4	25499.07	A	
57_2.00	71250.00	4	25499.07	A	
75_8.00	88350.00	4	25499.07	A	
40_1.00	1600000.00	4	25499.07		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )*

\*Medias expresadas en NMP/100ml

En lo que respecta a los coliformes totales mostró una variabilidad en las muestras con respecto a cada dosis con los tiempos a los que fueron sometidos, formándose dos grupos; logrando obtener como resultados que la dosis del 4% con un tiempo de 67 días fue la que mostró diferencia significativa en comparación a las demás durante el análisis de varianza a las que fueron sometidos todos los tratamientos. Cabe destacar que las muestras del 2 y 8% reducen coliformes totales con respecto a la muestra testigo presentando un valor de  $>1.6 \times 10^6$  NMP/100ml. Al igual que en las otras variables analizadas, pero el tiempo no es viable puesto que se utilizaron largos periodos.

#### **7.4.6.1.5. Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH)**

**Tabla 27.** Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Potencial de Hidrogeno	16	1.00	1.00	0.00

El R<sup>2</sup> del pH es perfecto, el modelo explica una variación en los resultados, pero el CV no muestra que exista variabilidad en lo que respecta al pH en las muestras. Lo que se puede decir que esta variable se mantiene en todas las muestras de agua tratada por lo que se considera que el producto no produce cambios importantes en el comportamiento del pH debido a que estos están proporcionando el medio propicio de reproducción microbiana adecuado.

**Tabla 28.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del Potencial de Hidrógeno (pH)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.00	3	1.00	Sd	Sd
Dias_ml/lts	3.00	3	1.00	Sd	Sd
Error	0.00	12	0.00		
Total	3.00	15			

El análisis de varianza mostró que el pH de las dosis no cambió; lo que muestra que el pH se mantuvo dentro de los rangos (7-8) unidades, debido a que en los tratamientos 1, 2, 3 esta variable se mantiene en 7 y el tratamiento 4 en 8 unidades, por lo que se puede considerar que el comportamiento del biofermento en el agua no representa un cambio significativo en las muestras de aguas residuales tratadas en lo referido a esta variable.

#### 7.4.6.1.6. Análisis de Varianza de los sólidos totales (ST)

**Tabla 29.** Análisis de Varianza de los Sólidos Totales (ST)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Sólidos Totales	16	0.9	0.87	15.21

El R<sup>2</sup> es bueno, el modelo muestra la variabilidad que existe de sólidos totales en las muestras, el CV es bajo por lo tanto hubo poca variabilidad en los resultados. Lo que se puede decir que durante la producción de materia orgánica durante la interacción del multicultivo con las bacterias de las aguas residuales no variaron significativamente durante el proceso degradativo.

**Tabla 30.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de los sólidos totales (ST)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	197841.19	3	65947.06	34.59	<0.0001
Dias_ml/lts	197841.19	3	65947.06	34.59	<0.0001

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Error	22879.75	12	1906.65		
Total	220720.94	15			

El análisis de varianza en las muestras de ST denotaron una hipótesis alternativa por lo tanto explica que existen variaciones en las muestras de aguas tratadas con el biofermento y por lo tanto se está degradando materia orgánica.

**Tabla 31.** Test LSD de Fisher de los Sólidos Totales

**Alfa=0.05 DMS=67.27286**

Error: 19.1171 gl: 12

Dias_ml/lts	Medias*	n	E.E.			
40.00_1.00	144.5	4	21.83	A		
57.00_2.00	214.5	4	21.83		B	
67.00_4.00	375.5	4	21.83			C
75.00_8.00	413.75	4	21.83			C

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )*

\*Medias expresadas en mg/l

La variable de sólidos totales analizados por el método de Fisher mostró tres agrupaciones por lo que se demuestra variabilidad en los resultados finales de cada dosis; el modelo demostró que al utilizar altas concentraciones de biofermento se eleva la cantidad de materia degradada en el agua tratada. Lo que puede decir que la muestra del 8% de producto con un periodo de 75 días presenta los valores más altos en lo que respecta a las medias correspondientes a esta variable en estudio.

#### **7.4.6.2. Independencia de variables categóricas**

En esta sección se muestran las tablas de contingencia donde se realizó un análisis de independencia de los datos obtenidos para determinar si se encuentran dentro de los valores aceptables que establece el decreto 33-95 de la legislación ambiental.



#### 7.4.6.2.1. Tablas de contingencia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

**Tabla 32.** Frecuencias absolutas de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

En columnas: Acep DBO

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	2	2	4
57_2.00	1	3	4
67_4.00	0	4	4
75_8.00	1	3	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Hay variabilidad significativa en las muestras, debido a que la dosis del 4% con un tiempo de 67 días presenta la mayor aceptación con los rangos permitidos en comparación al aplicar el 1% con un tiempo de 40 días. Por lo que se puede decir que el producto con esas concentraciones y largos periodos de tiempo es efectivo para reducir la cantidad de DBO en las muestras de agua hasta valores aceptables.

**Tabla 33.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

En columnas: Acep DBO

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	50.00	50.00	100.00
57_2.00	25.00	75.00	100.00
67_4.00	0.00	100.00	100.00
75_8.00	25.00	75.00	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

En las muestras donde se aplicó el 4% de dosis con un tiempo de 67 días respectivamente presenta rangos aceptables de DBO, ya que su valor se encuentra dentro de los valores límites permitidos en el decreto 33-95. Esta diferencia se denota claramente al comparar esta dosis con el primer tratamiento donde se aplicó el 1% durante 40 días.

#### 7.4.6.2.2. Tablas de contingencia de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

**Tabla 34.** Frecuencias absolutas de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En columnas: Acep DQO

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	2	2	4
57_2.00	2	2	4
67_4.00	4	0	4
75_8.00	4	0	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

En las muestras de agua tratadas se identifica que las dosis del 1% y 2% durante los días 40 y 57 respectivamente cumplen en mayor parte con los rangos permitidos por el decreto 33-95 correspondiente al evaluar la variable DQO debido a que las otras dosis (4 y 8) no cumple con los parámetros.

**Tabla 35.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

En columnas: Acep DQO

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	50.00	50.00	100.00
57_2.00	50.00	50.00	100.00
67_4.00	100.00	0.00	100.00
75_8.00	100.00	0.00	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Hay variabilidad en las muestras debido a que las dosis del 1 y 2% con 40 y 57 días son los tratamientos que muestran el 50% de aceptación en los rangos.

#### 7.4.6.2.3. Tablas de contingencia de coliformes Fecales

**Tabla 36.** Frecuencias absolutas de coliformes Fecales

En columnas: Acep CF

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	4	0	4

Dias_ml/lts	No	Si	Total
57_2.00	4	0	4
67_4.00	3	1	4
75_8.00	2	2	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Cuando se realizó la comparación de los datos se logró verificar que el tratamiento del 8% vs 75 días es el que presenta cambios aceptables en comparación a las del 1 y 2%. Sin obviar mencionar que este resultado no es totalmente bueno por lo que de 4 muestras analizadas solamente 2 cumplen con los parámetros.

**Tabla 37.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de coliformes Fecales

En columnas: Acep CF

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	100.00	0.00	100.00
57_2.00	100.00	0.00	100.00
67_4.00	75.00	25.00	100.00
75_8.00	50.00	50.00	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Esto representa que el tratamiento 4 (8% vs 75 días) es el que presentó cambios notorios en las muestras analizadas de forma cualitativas por otro lado, este resultado es el que manifiesta la diferencia aunque no en su totalidad.

#### 7.4.6.2.4. Tablas de contingencia de coliformes totales

**Tabla 38.** Frecuencias absolutas de coliformes Totales

En columnas: Acep CT

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	4	0	4
57_2.00	4	0	4
67_4.00	3	1	4

Dias_ml/lts	No	Si	Total
75_8.00	4	0	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Este resultado muestra que ningún tratamiento con respecto a las 4 muestras evaluadas es en su totalidad efectivos para llevar el agua hasta los rangos aceptables pero no hay que dejar por un lado que solamente una muestra llegó hasta esos parámetros al aplicar una dosis del 4% con un periodo de 67 días.

**Tabla 39.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes) de coliformes Totales

En columnas: Acep CT

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	100.00	0.00	100.00
57_2.00	100.00	0.00	100.00
67_4.00	75.00	25.00	100.00
75_8.00	100.00	0.00	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

En la tabla se muestra que las dosis del 4% con 67 días es el tratamiento que presento los rangos permitidos en un 25%.

#### 7.4.6.2.5. Tablas de contingencia de Potencial de Hidrogeno (pH)

**Tabla 40.** Frecuencias absolutas en Ph

En columnas: Acep Ph

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	0	4	4
57_2.00	0	4	4
67_4.00	0	4	4
75_8.00	0	4	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Los rangos de pH en las muestras son aceptables debido a que se mantienen entre los 6-9.

**Tabla 41.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes)

En columnas: Acep PH

Dias_ml/lts	No	Si	Porcentaje
40_1.00	0	100.00	100.00
57_2.00	0	100.00	100.00
67_4.00	0	100.00	100.00
75_8.00	0	100.00	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Bajo estas condiciones los tratamientos en su totalidad presentan los rangos permisibles en cuanto al potencial de hidrogeno durante el proceso de inoculación.

#### 7.4.6.2.6. Tablas de contingencia de Sólidos Totales (ST)

**Tabla 42.** Frecuencias absolutas en sólidos totales

En columnas: Acep ST

Dias_ml/lts	No	Si	Total
40_1.00	4	0	4
57_2.00	4	0	4
67_4.00	4	0	4
75_8.00	4	0	4

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Los rangos de sólidos totales evaluados con la normativa nacional no presentan valores aceptables en ninguno de los tratamientos, esto es debido a que los rangos mínimos aceptables son de 100 mg/l y las muestras superan los límites permisibles.

**Tabla 43.** Frecuencias relativas por filas (expresadas como porcentajes)

En columnas: Acep ST

Dias_ml/lts	No	Si	Porcentaje
40_1.00	100.00	0	100.00
57_2.00	100.00	0	100.00

Dias_ml/lts	No	Si	Porcentaje
67_4.00	100.00	0	100.00
75_8.00	100.00	0	100.00

**Si:** Aceptable

**No:** No aceptable

Los tratamientos no cumplen en su totalidad los rangos mínimos en lo que se refiere a esta variable en estudio por lo tanto hay incumplimiento con la normativa evaluada.

#### 7.4.6.3. Resumen de los resultados de la primera etapa de la investigación

En la tabla 68 se muestra un resumen de los resultados más importantes durante la primera etapa de evaluación del producto.

**Tabla 44.** Resumen de los resultados de la I etapa.

Parámetros					
DBO	DQO	Coliformes Totales	Coliformes Fecales	PH	Sólidos Totales
Utilizando una dosis del 4% y 67 días reducen la DBO.	Dosis 1% con un tiempo de 40 días presentan las concentraciones más bajas.	Disminuyen utilizando una dosis del 4% con 67 días.	Reducen utilizando una dosis del 4% con un tiempo de 67 días.	Se mantiene estable en todas las muestras 7-8 unidades.	Al aumentar las dosis aumenta la cantidad de esta variable.

#### 7.4.6.4. Análisis del resultado con normas nacionales

En la tabla 45 se presenta un análisis comparativo de la dosis del 4% y 67 días debido a que este tratamiento presenta los valores de medias más bajos en lo referido a coliformes totales y fecales que son las variables más importantes a considerar en la investigación; los que se evaluaron con el decreto 33-95 y la Norma Obligatoria de re-uso de aguas tratadas.

**Tabla 45.** Análisis comparativo de los resultados con normativas nacionales

Parámetro	Biofermento (Coagulante)	Decreto 33-95	NTON 05-027- 05
DBO (mg/l)	27.40	110	El agua tratada puede ser empleada para re-uso agrícola y/o forestal en la categoría C*.
DQO (mg/l)	369.26	220	
Coliformes totales (NMP/100ml)	43475(4x10 <sup>4</sup> )	≤5.0*10 <sup>3</sup>	
Coliformes Fecales (NMP/100ml)	35325 (4.10 <sup>4</sup> )	≤5.0*10 <sup>3</sup>	
Ph	7	6-9	
Sólidos totales (mg/l)	375.50	100	

Evaluando los parámetros establecidos en la tabla 2 del inciso 4.6.2 donde se detallan los parámetros de las categorías que se evaluó el tratamiento, se puede establecer que se encuentran dentro de los rangos límites de la categoría C que permitió definirla reutilización de estas aguas residuales tratadas mencionándose a continuación:

\*Esta categoría menciona que el agua puede ser empleada para cultivos perennes y algunos temporales, cuya planta y fruto no tiene ningún contacto con el agua tratada, como: caña de azúcar (para uso industrial), los bosques, árboles frutales, como cacao, naranja, mandarina, limón. En el Caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y en esta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión.(Gaceta, 2006)

#### **7.4.7. Revalidación de datos de la evaluación del biofermento**

En esta sección se detallan todos los resultados en lo referente a la etapa de revalidación o segunda fase de la investigación por lo tanto se detallan todos los aspectos relacionados a la evaluación del producto:

##### **7.4.7.1. Caracterización del biofermento en la II Fase**

Para la evaluación del producto se realizó primeramente la elaboración del biofermento según la metodología propuesta en la etapa anterior (tal como se

muestran en las ilustraciones) y luego de transcurrido el tiempo de fermentación se realizaron los análisis microbiológicos correspondientes los cuales se detallan en la tabla 46:

**Tabla 46.** Resultados de los análisis microbiológicos del biofermento en la II fase

<b>Tipo de análisis</b>	<b>Método Utilizado</b>	<b>Resultado</b>
Pseudomonas sp	Número más probable	<1.8 NMP/100ml
Mohos y levadura	Placa difusa	0 UFC/g
Recuento total de bacterias	Placa difusa	0UFC/g

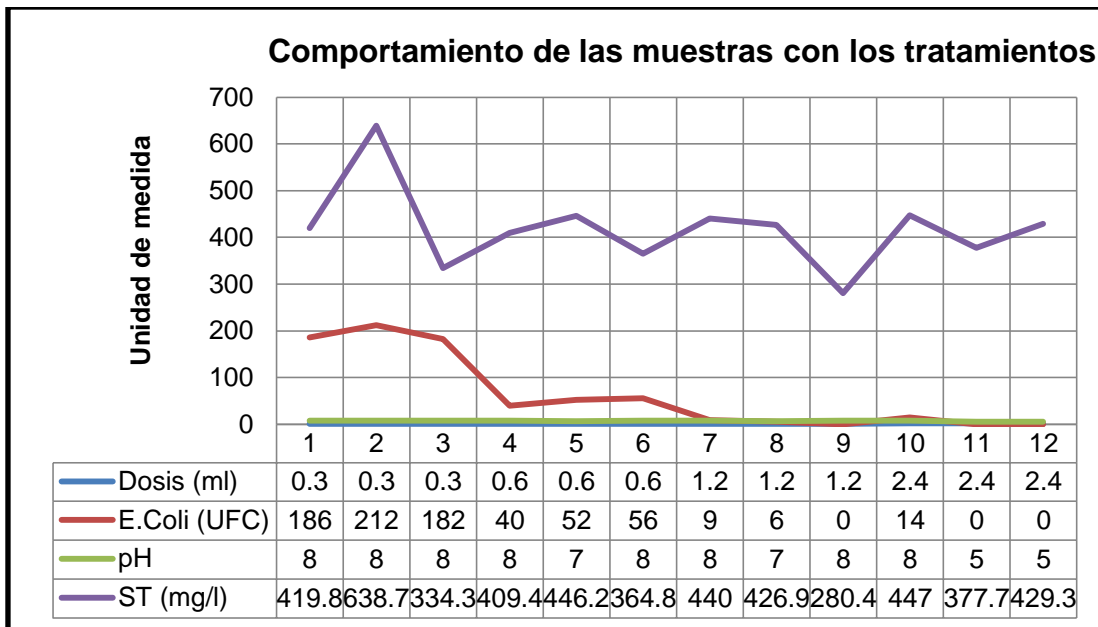
Analizando estos resultados se obtiene que el producto durante el primer mes de elaborado solamente poseen las bacterias pseudonomas que según las bases teóricas son las que forman parte de las bacterias fotosintéticas siendo estas las más importantes, debido a que esta es la que permite que se den los cambios microbiológicos en la mezcla de producto elaborado en relación a las otras bacterias que no se encuentran.

#### **7.4.7.2. Análisis del efecto del producto en las muestras de aguas residuales tratadas en la II fase**

Durante el proceso de revalidación o segunda fase de la investigación se presentaron los siguientes resultados estadísticos mediante la utilización de gráficas, tablas de análisis de varianza y el método de correlación regresión lineal en las muestras de estudio que se detallan a continuación:

**Gráfico 25.** Comportamiento de las muestras en la II Fase.





En el gráfico 25, se detallan las variables en estudio que se evaluaron para la determinación del efecto que tiene el uso del producto en las muestras de aguas residuales los cuales se establecen a continuación:

**E. Coli** el comportamiento de esta variable con respecto a los tratamientos a los que fueron sometidas las muestras reflejan que a medida que se aumenta la dosis del producto inoculado este va realizando una reducción, llevándola de una fracción incontable que presentaba la muestra testigo hasta 14 y 0 UFC/2ml de muestra de agua evaluada por un tiempo total de 9 días.

En lo que respecta al **pH** en las muestra estas reducen; pasando de un pH de 7 inicialmente hasta reducirla a 5, por lo tanto; se consideran que las condiciones de potencial de hidrógeno en el agua son estables para el crecimiento bacteriano.

En cambio, en los **sólidos totales** se muestra que a medida que existe un aumento de dosis del concentrado bacteriano aumenta la cantidad de sólidos en las muestras de aguas tratadas, sin obviar que la muestra testigo presentaba rangos elevados inicialmente.

### 7.4.7.3. Análisis de varianza y correlación Regresión en las aguas tratadas

#### 7.4.7.3.1. Análisis de varianza mediante el TEST de Duncan

##### 7.4.7.3.1.1. Análisis de Escherichia Coli

**Tabla 47.** Análisis de la varianza de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml))

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Escherichia Coli (UFC/ 2ml)	12	0,99	0,98	16,26

R<sup>2</sup> es excelente, el modelo explica casi perfectamente la variabilidad de los datos. El CV está bajo lo que es bueno, hubo poca variabilidad dentro de los tratamientos. Por lo que se puede decir que durante la revalidación o segunda etapa el producto mostro cambios importantes en las muestras en lo que respecta a la reducción de E. Coli.

**Tabla 48.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml))

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	71820,92	3	23940,31	227,46	<0.0001
Dosis (ml)	71820,92	3	23940,31	227,46	<0.0001
Error	842	8	105,25		
Total	72662,92	11			

En el cuadro de varianza según los resultados de E. Coli mostró que existe una variabilidad en los datos según el modelo planteado. Resultando una hipótesis alternativa. Por lo tanto se considera que las dosis del producto reducen microorganismos patógenos en las muestras de aguas residuales en un tiempo de nueve días.

**Tabla 49.** Test de Duncan de Escherichia Coli (E. Coli (UFC/2ml))

**Alfa=0.05**

Error: 105.2500 gl: 8

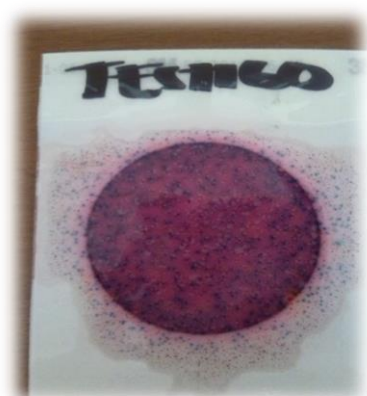
Dosis (ml)	Medias*	n	E.E.			
2,4	4,67	3	5,92	A		
1,2	5	3	5,92	A		
0,6	49,33	3	5,92		B	
0,3	193,33	3	5,92			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ).

\*Medias expresadas en UFC/2 ml

Según el modelo de Duncan expresado en el análisis de varianza muestra que hubo una tendencia en esta variable y por lo tanto, se marcan tres grupos de interés. Teniendo en cuenta que la dosis 2.40 y 1.20 ml correspondientes a un aumento de dosis del 8% y 4% con un tiempo de nueve días, son los que mostraron mejores resultados en la reducción de E. Coli en aguas residuales tratadas en comparación a la testigo que mostraba una cantidad incontable de UFC por cada 2ml de agua tratada.

Para tener una mayor confiabilidad del dato proporcionado ver la ilustración 13 donde se observa de manera más clara la concentración de E. Coli identificada en la muestra testigo. Las muestras tratadas con el inoculante, se muestran en la ilustración 14.



**Ilustración 13.** Muestra testigo incubada



**Ilustración 14.** Muestras incubadas

#### 7.4.7.3.1.2. Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH)

**Tabla 50.** Análisis de la varianza del Potencial de Hidrógeno (pH)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Potencial de Hidrogeno	12	0,5	0,31	13,06

El R<sup>2</sup> es bajo lo que indica que el modelo explica que no existe una variabilidad relevante en los datos. El coeficiente de variación es bajo por lo tanto las muestras son iguales. El pH en las muestras de aguas tratadas al igual que en la primera etapa se mantienen estables en cada tratamiento. Por lo anterior, este factor es positivo debido a que se mantienen las condiciones adecuadas de acidez en las muestras para la reproducción microbiológica.

**Tabla 51.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) del Potencial de Hidrógeno (pH)

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	7,33	3	2,44	2,67	0,1189
Dosis (ml)	7,33	3	2,44	2,67	0,1189
Error	7,33	8	0,92		
Total	14,67	11			

En el cuadro de varianza según los resultados de pH mostraron que existe una cierta tendencia a que los datos fueron estables según el modelo planteado, las muestras fueron del carácter de una hipótesis nula. Por lo que no existe variabilidad en los tratamientos aplicados debido a que esta variable en estudio se encontraba dentro de un pH de 6 a 8.

**Tabla 52.** Test de Duncan del Potencial de Hidrógeno (pH)

**Alfa=0.05**

Error: 0.9167 gl: 8

Dosis (ml)	Medias*	n	E.E.		
2,4	6	3	0,55	A	

Dosis (ml)	Medias*	n	E.E.		
1,2	7,67	3	0,55	A	B
0,6	7,67	3	0,55	A	B
0,3	8	3	0,55		B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )*

\*Medias expresadas en unidades

El pH en las muestras está en hipótesis nula, sin embargo la separación de medias marca diferencias entre la concentración mayor y la menor, dando la impresión de que las dosis mayores tienen un pH menor, lo que indica que estas muestras están susceptibles al desarrollo bacteriano de patógenos puesto que “El pH interno en la mayoría de los microorganismo está en el rango de 6,0 a 8,0; por ejemplo, E. Coli puede crecer entre pH 6 y pH 8, pero su pH interno es siempre 7.6 o cercano a este valor”. (Morales Cardona, 2014)

#### 7.4.7.3.1.3. Análisis de la Varianza de Sólidos Totales (ST (mg/l))

**Tabla 53.** Análisis de la Varianza de Sólidos Totales (ST)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	Coeficiente de Variación
Sólidos Totales (mg/l)	12	0.13	0	22.53

R<sup>2</sup> es bajo, el modelo no explica la variabilidad de los datos. El CV está alto por lo que no hubo variabilidad dentro de los tratamientos. Lo que se traduce a que las muestras de aguas tratadas no presentaron variabilidad en lo que respecta a sólidos totales por lo tanto, las dosis evaluadas de biofermento no presentaron diferencias relevantes en las muestras.

**Tabla 54.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) de Sólidos Totales

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	10588.01	3	3529.34	0.4	0.7581
Dosis (ml)	10588.01	3	3529.34	0.4	0.7581
Error	70908.38	8	8863.55		
Total	81496.38	11			

En el cuadro de varianza según los resultados de sólidos totales mostraron que existe una cierta tendencia a que los datos fueron estables según el modelo planteado, las muestras fueron del carácter de una hipótesis nula con el p-valor alto. Lo que explica que esta variable se mantuvo estable en los tratamientos aplicados a las muestras de aguas por lo que se considera que el producto no presentó cambios relevantes en las muestras.

**Tabla 55.** Test de Duncan de Sólidos Totales

**Alfa=0.05**

Error: 8863.5470 gl: 8

Dosis (ml)	Medias*	N	E.E.	
1.2	382.43	3	54.36	A
0.6	406.79	3	54.36	A
2.4	418	3	54.36	A
0.3	464.24	3	54.36	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )*

\*Medias expresadas en mg/l

El análisis de varianza de los sólidos totales de las muestras no presentó cambios importantes, debido a que los promedios de esta variable fueron igual en todos los tratamientos. Esto representa que la materia orgánica presente en los tratamientos se mantuvo dentro de los valores estables es decir, no fluctuaron y por lo tanto las muestras de aguas tratadas se encontraron en rangos de concentraciones normales indicando que la muestra de 0.3ml según las medias presente el valor mayor en relación a las demás. Estas alteraciones son positivas puesto que la carga de microorganismos crece a medida que aumenta la cantidad de alimento disponible en este caso materia de coliformes las que son indeseables en el agua.

#### **7.4.7.4. Consolidado de las muestras evaluadas en la segunda etapa de la investigación**

A continuación se muestra una tabla resumen de los cambios más favorables de la etapa de revalidación de resultados.

**Tabla 56.** Consolidado de las muestras en la segunda fase

<b>Análisis</b>				<b>Microbiológico</b>	<b>Físicos</b>	
<b>Tamaño (ml)</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis (ml)</b>	<b>Tiempo (Días)</b>	<b>E. Coli (UFC)</b>	<b>pH</b>	<b>ST (mg/l)</b>
30	1	0.3	9	186	8	419.75
30	1	0.3	9	212	8	638.68
30	1	0.3	9	182	8	334.30
30	2	0.6	9	40	8	409.40
30	2	0.6	9	52	7	446.20
30	2	0.6	9	56	8	364.76
30	3	1.2	9	9	8	440.00
30	3	1.2	9	6	7	426.87
30	3	1.2	9	0	8	280.42
30	4	2.4	9	14	8	446.97
30	4	2.4	9	0	5	377.68
30	4	2.4	9	0	5	429.34
<b>Testigo</b>			<b>9</b>	<b>Incontable</b>	<b>7</b>	<b>363.60</b>

En esta tabla se muestra el consolidado de las muestras tratadas con el producto y los resultados obtenidos cuando se evaluaron las variables microbiológicas y físicas teniendo en cuenta la muestra testigo que presentaba valores incontables de E. Coli y rangos normales de pH y sólidos totales. Lo que se puede percibir que las muestras evaluadas con la dosis de 2.4 ml por cada 30ml de muestra presenta los rangos menores de E. Coli.

#### **7.4.7.5. Enfoque Correlación Regresión**

En el enfoque correlación regresión se muestra los coeficientes tomados en cuenta para la evaluación de la E. Coli en las muestras de agua mediante el método de Pearson y regresión lineal.

#### 7.4.7.5.1. Coeficientes de correlación de Escherichia Coli

**Tabla 57.** Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades en Escherichia Coli

	E. Coli (UFC/ 2ml)	Dosis (ml)
E. Coli (UFC/ 2ml)	1	0,01
Dosis (ml)	-0,72	1

-0.72 el valor “ $r^{18}$ ” de correlación, valor alto. Lo que se puede analizar es que a más dosis menos concentración de E. Coli en la muestras de aguas tratadas con el biofermento. Por lo que se demuestra numéricamente la acción benéfica del biofermento.

Según los resultados existe una correlación negativa perfecta. El índice muestra una dependencia total entre las dos variables llamadas relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante. Por lo tanto en este caso, este valor arrojado es positivo e indica que el producto evaluado es efectivo.

**Tabla 58.** Coeficientes de regresión y estadísticos asociados en Escherichia Coli

Coeficiente	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
<b>Constanteb0</b>	140,94	29,57	75,06	206,82	4,77	0,0008
<b>Dosis (ml) b1</b>	-69,21	21,38	-116,85	-21,57	-3,24	0,0089

Los coeficientes de regresión son reales, puesto que su valor es mayor que 0 (p- valor), lo que indica que por cada unidad de dosis del biofermento (ml) reduce -69.21 de E. Coli bajo el modelo de regresión lineal definido por la ecuación  $b_0 + b_1 \cdot X$ . Como límite de confianza el modelo indica que los valores fluctúan en ambas variables tanto en el límite superior (LS) como en el límite inferior (LI). Se puede decir que este valor es positivo, debido a que de esta forma se logró evaluar la efectividad del producto.

<sup>18</sup> Valor del índice de Correlación



**Tabla 59.** Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III) en Escherichia Coli

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo.	37180,12	1	37180,12	10,48	0,0089
Dosis (ml)	37180,12	1	37180,12	10,48	0,0089
Error	35482,79	10	3548,28		
Total	72662,92	11			

La hipótesis del modelo es alternativa por lo que presenta valores mayores de 0 por lo tanto, existe regresión la cual nos permite predecir el comportamiento de las dosis de biofermento respecto a reducción de E. Coli, cabe destacar que dicha variable es dependiente de la variable dosis.

**Tabla 60.** Porcentaje de concentraciones estimadas por dosis según el modelo de regresión

%	b0	b1	x= dosis	y=Coli Estimado
3,3	140,94	-69,21	1	71,73
4	140,94	-69,21	1,2	57,888
5	140,94	-69,21	1,5	37,125
5,3	140,94	-69,21	1,6	30,204
5,7	140,94	-69,21	1,7	23,283
6,0	140,94	-69,21	1,8	16,362
6,3	140,94	-69,21	1,9	9,441
6,7	140,94	-69,21	2	2,52
6,7	140,94	-69,21	2,01	1,8279
6,7	140,94	-69,21	2,02	1,1358
6,8	140,94	-69,21	2,03	0,4437
6,8	140,94	-69,21	2,035	0,09765
6,8	140,94	-69,21	2,036	0,02844
6,8	140,94	-69,21	2,04	-0,2484
6,9	140,94	-69,21	2,06	-1,6326
7,0	140,94	-69,21	2,1	-4,401

%	b0	b1	x= dosis	y=Coli Estimado
7,3	140,94	-69,21	2,2	-11,322
8	140,94	-69,21	2,4	-25,164

#### Comprobación del modelo

-69,21

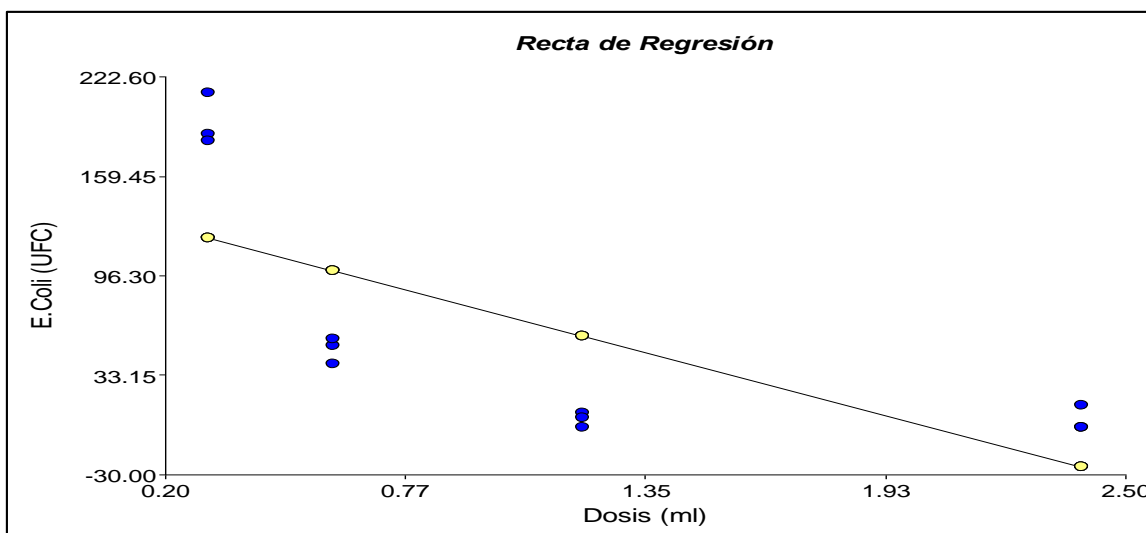
El funcionamiento del modelo se comprueba realizando una operación de diferencia que resta la cantidad de E. Coli estimado al aplicar una dosis de 2 ml menos la cantidad de E. Coli estimado de la dosis inicial de 1ml mostrando como resultado -69.21.Cantidad que se reduce de E. Coli por cada ml de mezcla.

#### 7.4.7.5.2. Regresión lineal de Escherichia Coli

En la el gráfico 26 se muestra que existe una correlación negativa -0.72 y significativa, lo que se demuestra que finalmente la regresión lineal predice que las dosis de concentrado bacteriano disminuyen la concentración de E Coli.

En la misma ilustración se observa que al aumentar las dosis del producto, la variable E. Coli tiene una tendencia a disminuir, logrando predecir que bajo este modelo con 2.1 ml se hace 0 la concentración de E. Coli, lo que representa un 6.8% de concentrado bacteriano en agua.

**Gráfico 26.** Recta de regresión de Escherichia Coli.



#### 7.4.7.6. Resumen de los resultados de la segunda etapa de la investigación

**Tabla 61.** Resumen de los resultados II Etapa.

Tipo de Análisis		
Microbiológico	Físicos	
Escherichia Coli	PH	Sólidos Totales
Se reducen estas bacterias de origen fecal utilizando la dosis del 8% de concentrado bacteriano en agua a niveles aceptables en comparación a la muestra de agua sin tratar con el producto.	Las aguas tratadas con el biofermento mantienen los rangos de pH entre 5-8 unidades.	Los sólidos totales en las muestras se mantienen estables incrementando cuando se aumenta las dosis.

### 7.5.Determinación de costos de producción

Se determinaron los costos de producción para 10 litros los cuales tienen un valor total de C\$250.29 este fue determinado por los costos fijos y variables que se necesitan para la elaboración del biofermento de suero lácteo los cuales se detallan a continuación:

#### 7.5.1. Costos variables

Para la determinación de los costos variables del producto se calculó el salario y prestaciones del operario, el costo total de la materia prima e insumos para la elaboración del producto.

##### 7.5.1.1. Salario y prestaciones de la mano de obra directa

Para la elaboración de la nómina de pago se tomó en cuenta el salario mínimo del sector agua mediante el Acuerdo Ministerial ALTB decretado el 01-02-2015 cuyo valor es de C\$ 5,542.11 lo cual permitió calcular el valor que debe de ganar el operador por 2 horas de trabajo por cada 10 litros para la elaboración y empaque del producto.

**Tabla 62.** Salario y prestaciones sociales

Salario y Prestaciones Sociales					
Puesto	Sueldo mensual	Sueldo por hora	Deducciones		Total a pagar por producción
			INSS Laboral 6.25%	Neto a recibir	
Operador	C\$5,542	C\$23.09	C\$ 346.38	C\$5,195.73	C\$ 46.18

En vista que son 2 horas por cada 10 litros las que van a trabajar el operario este devengara un salario de C\$46.18 de C\$5,542.11 ya que solo lo que realizará es el pesaje y mezcla de las materias primas y lavado de los recipientes y área de trabajo con un tiempo aproximado de 1 hora y 1 hora adicional para el empackado del producto final y limpieza del lugar.

### 7.5.1.2. Costos de materia prima y otros gastos para producir 10 litros

Para el cálculo de los costos se tomaron en cuenta el valor de las materias primas por unidad teniendo en cuenta que el costo de la melaza oscila entre los C\$ 9, el de la semolina C\$5, el abono orgánico C\$15 y el suero lácteo C\$0.01 respectivamente.

**Tabla 63.** Costos de materia prima para producir 10 litros

<b>Costos de materia prima para producir 10 litros</b>				
<b>Requerimientos de Materia Prima</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario\$</b>	<b>Costo Total C\$</b>
Melaza	litros	2	9	18
Semolina	Lb	0.1	5	0.5
Abono Orgánicos lombrihumus	Lb	5.9	15	88.5
Suero Lácteo	litros	2	0.01	0.02
			<b>Total</b>	<b>107</b>

A partir de la formulación del producto se determinó la cantidad de materia prima a necesitar para producir 10 litros de biofermento se calculó que el producto tiene un costo total de C\$107 según los requerimientos de materia prima.

**Tabla 64.** Otros gastos para producir 10 litros

<b>Otros gastos (insumos y materiales) para producir 10 litros</b>				
<b>Descripción de bien y/o servicio</b>	<b>Unidades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costos unitario C\$</b>	<b>Costo Total C\$</b>
Transporte	-	1	10	10
Desinfectante	Litros	0.13	30	3.75
Guantes	Pares	2	2	4
Tapabocas	Unidad	1	2	2
Envases de galón	Unidad	2	25	50
			<b>Total</b>	<b>69.75</b>

Dentro de los otros gastos que incurren la elaboración del producto se encuentran los insumos y otros materiales los cuales son utilizados durante el proceso de elaboración, transporte de materias primas, limpieza del área de trabajo y utensilios y envases para el transporte del producto a la planta de tratamiento por lo que se llega a tener como otros gastos un total de C\$69.75 por cada 10 litros.

### 7.5.2. Costos fijos

Dentro de los costos fijos del producto se tienen los gastos de servicios básicos (agua, energía eléctrica y teléfono).

**Tabla 65.** Costos fijos

<b>Servicios Básicos</b>		
<b>Rubro</b>	<b>Costo Mensual C\$</b>	<b>Costo diario C\$</b>
Agua	200	7
Teléfono	270	9
Energía Eléctrica	350	12
<b>Totales</b>	<b>820</b>	<b>27</b>

Dentro de los costos de servicios básicos se tiene un gastos diario de C\$7 de agua, C\$9 de teléfono y C\$12 de energía eléctrica teniendo un total de costos fijos de C\$ 27 para la producción de 10 litros de biofermento.

### 7.5.3. Costos de elaboración

Para determinar los costos totales de producción se determinaron los costos fijos y variables que incurren en la elaboración del producto lo cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 66.**Costos totales de producción para producir 10 litros

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo C\$</b>
<b>Costos Variables</b>	Materias Primas	C\$ 107.02
	Otros gastos (insumos y materiales)	C\$ 69.75
	Mano de Obra Directa	C\$ 46.18

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo C\$</b>
	<b>Total</b>	<b>C\$ 222.95</b>
<b>Costos Fijos</b>	Servicios Básicos	C\$ 27.33
	<b>Total</b>	<b>C\$ 27.33</b>
<b>Costo Total para producir 10 litros</b>		<b>C\$ 250.29</b>

Dentro de los costos variables se tienen un total de C\$222.95 donde se toma en cuenta la materia prima, otros gastos y mano de obra y los costos fijos se presenta un total de C\$27.33 en cuenta por gastos de servicios básicos. Tomando en cuenta estos dos tipos de costos se tienen un costo total de producción de C\$250.29 cada 10 litros de biofermento elaborado.

**Tabla 67.** Costo variable unitario y costo unitario del producto

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo C\$</b>
<b>Costos Variables Unitarios</b>	Materias Primas	C\$ 10.70
	Otros gastos (insumos y materiales)	C\$ 6.98
	Mano de Obra Directa	C\$ 4.62
	<b>Costos Variables Unitarios</b>	<b>C\$ 22.30</b>
<b>Costos Fijos</b>	Servicios Básicos	C\$ 2.73
	Total	C\$ 2.73
<b>Costo Total para producir 1 litro</b>		<b>C\$ 25.03</b>

En esta tabla se resume los costos en los que se incurren para la producción de un litro de biofermento, estos se presentan ya clasificados según su categoría los cuales se determinaron de acuerdo a la composición del producto. Lo que representa un costo total de producción de C\$25.03 el litro.

#### **7.5.4. Análisis comparativo del coagulante en relación a otros productos**

En la tabla 68 se muestran algunos de los coagulantes comerciales que se encuentran en el mercado, los cuales fueron cotizados mediante llamadas y a la Empresa ENACAL.

**Tabla 68.** Coagulantes comerciales vs biofermento

<b>Tipo de coagulante</b>	<b>Nombre comercial</b>	<b>Puestos de venta</b>	<b>Presentación</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio</b>
Sulfato de aluminio	Sulfato de aluminio	-----	1	Kg	C\$12
Microorganismos Eficientes puro	EM-ONE	AMAS S.A	1	Litro	C\$319
Biofermento				Litro	C\$25.03

Realizando un análisis comparativo, respecto a los costos y concentraciones de biofermento para la reducción de microorganismos se concluye que:

Se necesita 1 litro de biofermento para tratar 12.5 litros de agua residual tratada, lo que tiene un valor de C\$25.3, mientras que utilizando el coagulante comercial EM-1 se necesitaría 0.025 litros los que tiene un costo de C\$ 7.98, respecto al sulfato de aluminio se necesita 0.005 kg con un costo de C\$ 0.06.

Una vez realizada esta comparación se puede decir que la tecnología presenta costos más elevados, esto es debido a su producción a pequeña escala, sin obviar la importancia en la composición basada en el aprovechamiento de subproductos de las diferentes industrias. De ser utilizada esta tecnología, se beneficiará de manera indirecta a las empresas que generan estos residuos, caracterizados por ser agentes de contaminación al medio, así mismo es una tecnología eficiente, de fácil acceso y aplicación.

En lo que se refiere al coagulante comercial EM-1 no se logra concretar si el producto a esa concentración logra disminuir las colonias de E. Coli a valores iguales o inferiores al producto evaluado en el agua residual; por lo que se puede considerar una desventaja de este en relación al biofermento, por lo tanto es necesario que esta tecnología comercial sea previamente evaluada con los efluentes tomados en cuenta en la investigación, otra desventaja de este coagulante es que tienen mayor utilidad en el sector agrícola además que solamente poseen un distribuidor a nivel nacional y estos son traídos de otros lugares fuera del país, por lo que son considerados productos de poca



accesibilidad, y como última desventaja, estas presentan bacterias en concentraciones que deben prepararse, es decir diluirlas, activarlas o adicionar otros ingredientes en el caso del coagulante evaluado se debe añadir melaza y agua en concentraciones de 5% y 90% respectivamente, encontrándose de manera más detallada en la Ficha Técnica ubicada en el anexo 3. En vista que se requiere de agua para la activación de este producto, se puede decir que el biofermento al ser un coagulante de fácil elaboración, es una excelente alternativa de aplicación que no requiere de algún gasto adicional que se requiera agua.

En lo que respecta al sulfato de aluminio este es usado en sistemas de tratamiento de aguas residuales actualmente, el cual al ser comparado con la tecnología propuesta esta difiere, ya que es un producto químico que se emplea directamente en la fosa séptica, del tratamiento primario y se comercializa en polvo.

## VIII. Conclusiones

Para la formulación y elaboración del biofermento láctico se tomaron en cuenta diferentes proporciones como: suero lácteo (20%), melaza (20%), abono orgánico (59%), semolina (1%) ya que estas materias primas se caracterizan por poseer un alto contenido de nutrientes que mezclados forman un caldo rico en microorganismos benéficos de ocurrencia natural. Para poder fermentar la mezcla se dejó en un recipiente hermético por un periodo de un mes.

Para determinar el tipo de bacterias por las que estaba conformado, el biofermento se sometió a análisis microbiológicos, los cuales se encontraron en concentraciones de: recuento total de bacterias ( $4 \times 10^3$  UFC/ml), recuento de mohos y levaduras (0 UFC/ml) y pseudomonas aeruginosa (0 NMP/100ml) durante la primera etapa, los cuales se realizaron cuatro meses de elaborado. En la segunda fase de la misma se realizaron en el mes de fermentación del biofermento los que mostraron concentraciones de recuento total de bacterias (0 UFC/g), recuento de mohos y levaduras (0 UFC/g) y pseudomonas sp ( $< 1.8 \times 10$  NMP/100ml).

Las aguas provenientes de la planta de tratamiento de la ciudad de Ocotlán respecto a los análisis previos al tratamiento planteado estas presentaban los siguientes resultados en DQO y DBO a una concentración de 289.91 mg/l y 114 mg/l, coliformes total y fecal en una concentración elevada cuyos valores fueron mayores a  $> 1.6 \times 10^6$  NMP/ 100ml.

Después de la inoculación del biofermento en las aguas residuales tratadas, se identificaron los cambios generados, después de su tiempo de residencia durante la primera etapa mostraron cambios importantes en DBO, DQO y pH presentando rangos aceptables según el decreto ambiental evaluado; en lo que respecta a coliformes totales y fecales utilizando la dosis del 4% con respecto a un tiempo de 67 días correspondiente al tratamiento 3; redujo de manera significativa la carga de coliformes en comparación a la muestra testigo logrando denotar medias de 35325 equivalente a ( $4 \times 10^4$ ) NMP/100 ml en coliformes fecales y en coliformes totales de 43475 equivalente a ( $4 \times 10^4$ ) NMP/100 ml. Mostrando valores aceptables en la clasificación del tipo 1 de re-uso forestal y/o agrícola según la norma para re-uso de agua NTON 05 027-05,

estableciéndose que las características del agua caben dentro de la categoría C, la que determinó que el agua después de este tratamiento podría ser usado como agua para el riego de ciertos cultivos. En la segunda etapa se obtuvieron cambios relevantes en las muestras donde se aplicó la dosis del 8%, con respecto a un tiempo de nueve días. En esta concentración se logra obtener en promedio hasta 4.67 UFC/2ml. Analizando los resultados obtenidos por el método de regresión lineal se llegó a concretar que por cada ml de biofermento reduce en un - 69.21 la cantidad de UFC de E. Coli, por lo tanto la tecnología planteada puede ser efectiva utilizándola en esta concentración. Por lo que se logra a concluir que la dosis del 8% con un periodo de nueve días reduce la carga de coliformes en las aguas tratadas.

En lo que respecta a los costos de elaboración del biofermento se tiene que diez litros tiene un costo total de C\$250.29 córdobas y por lo tanto un litro costaría C\$25.03 córdobas. Mediante el análisis comparativo realizado se tiene que el producto propuesto que desde el punto de vista de costos este es relativamente un poco más alto en comparación a los demás, esto es debido a que se establecieron costos con una producción a pequeña escala, pero con aplicar el biofermento se estaría contribuyendo directamente con la disminución de contaminantes generados por las industrias del país, de fácil elaboración acceso y aplicación, en cambio estas otras tecnologías del mercado (principalmente la de origen biológico) se tiene que tener en cuenta que estos productos se deben de manejar con cuidado, solamente se cuenta con un distribuidor en el país y no se maneja cuanto reduce de contaminación en las aguas y por lo tanto, se tendría que validar la información con respecto a las características del agua residual evaluada con el biofermento. Aunque actualmente las empresas prefieren utilizar agentes químicos, ya sea por tradicionalismo o por falta de conocimiento de este tipo de tecnologías.

## **IX. Recomendaciones**

Luego de haber desarrollado la presente investigación y analizado los resultados obtenidos se realizaron una serie de sugerencias y/o recomendaciones las cuales se detallan a continuación.

- Inocular las bacterias del biofermento y evaluar cuál de ellas es más efectiva y que degrade materia orgánica con mayor rapidez, ya sea en las muestras que se tomaron en cuenta para la experimentación o en otras fuentes de aguas residuales.
- Realizar los análisis en diferentes períodos de tiempos menores a los que se tomaron en cuenta, para determinar si se presentan cambios con respecto al tiempo.
- Realizar un análisis del biofermento antes, durante y después de la experimentación para evaluar las etapas de latencia de las bacterias.
- Evaluar con las dosis del 2 y 4% en 5 y 10 días utilizando un sistema de oxigenación y de esta forma reducir la utilización de grandes cantidades de biofermento.
- Realizar otras formulaciones y evaluar diferentes dosis para determinar su efectividad en la reducción de microorganismos patógenos en aguas residuales y establecer comparaciones al aplicar otro coagulante con las mismas características.
- Evaluar el producto y su efectividad en sistemas de saneamiento de las comunidades rurales.

## X. Bibliografía

- Acosta Gutiérrez, L. G., & Vásconez Cadena, D. A. (01 de Agosto de 2011). *Verificación de procesos de limpieza y desinfección mediante el análisis de indicadores de contaminación en los servicios higiénicos de un centro comercial de la ciudad de Quito*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://repositorio.puce.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/22000/4065/T-PUCE-3248.pdf?sequence=1>
- Arcos, M., Ávila, S., Estupiñan, M., & Gómez, A. (12 de 12 de 2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de aguas*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de [http://www.unicolmayor.edu.co/invest\\_nova/NOVA/ARTREVIS2\\_4.pdf](http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf)
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (26 de 06 de 2006). La Gaceta Diario Oficial. *La Gaceta Diario Oficial* , pág. 2169.
- Balan, T. L., & Martinez, D. R. (Diciembre de 2007). *Uso de microorganismos eficientes en la alimentación de tilapia*. Recuperado el 10 de Enero de 2015, de Universidad EARTH: <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/dpg/59-2007.pdf>
- Bernal Ruíz, A. M., & Díaz Agudelo, J. A. (2010). *Dosificación de Dióxido de cloro para degradar la goma XANTANA, en lodos generados por las perforaciones de pozos petroleros*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/13973/T41.10%20B457d.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carcache Torres, J., & Diaz Mayorga, D. (Agosto de 2011). *Estudio de efectos de enmiendas organicas, biofermento y metalaxilen en el manejo de mal seco en quequisque en suelo infectado en mazetera*. Recuperado el 5 de Septiembre de 2012, de Universidad Nacional Agraria: <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04c265.pdf>
- Cardona Gomez, J., & Garcia Galindo, L. (Diciembre de 2008). *Evaluacion del efecto de los EM sobre la calidad de aguas residuales domesticas*. Recuperado el 04 de Septiembre de 2012, de Pontificia Universidad Javeriana: <http://www.javeriana.edu.com/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf>

Castellanos, Y. (20 de Marzo de 2005). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el 05 de Enero de 2015, de Universidad Nacional de Colombia: <http://histotico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/72/13.htm>

Castellón Morales, K. E., & Torres, M. I. (Noviembre de 2009). *Determinación de la inocuidad microbiológica de refrescos artesanales a base de frutas comercializados en los diferentes mercados del centro histórico de San Salvador*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://ri.ues.edu.sv/2558/1/16101508.pdf>

Castillo, Y. (2007). *Tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Contaminación del agua: [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/materias/agua/aguas\\_residuales\\_parte2.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/yoanacastillo/materias/agua/aguas_residuales_parte2.pdf)

Chávez Martínez, M. E. (2012). *Diseño y cálculo de un tren de tratamiento biológico para aguas residuales urbanas usando la tecnología de lecho granular expandido*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7186/Manuel%20Erasm%C3%A1vez%20Mart%C3%ADnez.docx?sequence=1>

Corpas I, E. J., & Herrea A, O. F. (18 de Marzo de 2012). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2014, de Reduccin de coliformes y Escherichia Coli en un sistema residual lacteo mediante microorganismos beneficos: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/ediciones/vol10-1/REDUCCION%20DE%20COLIFORMR%20Y%20Escherichia.pdf>

Correa Restrepo, G. (2009). *Evaluación y monitoreo del sistema de lagunas de estabilización del municipio de Santa Fe de Antioquía, Colombia*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/50/1/EvalMonitStmaLagunasStfeAnt.pdf>

Da Camara, L., & Hernandez, M. (s.f.). *Manual de diseño para planta de tratamiento de aguas residuales alimenticios*. Recuperado el 18 de septiembre de 2012, de

Mini Proyecto de ingeniería química: [http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual\\_tratamiento.pdf](http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/efluentes/manual_tratamiento.pdf)

Díaz, A., & López, R. (2004). *Estudio de la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales domesticas de la Ciudad de Ocotlán*. Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Managua.

DIGESBA. (2001). *Norma Boliviana NB 688-01 "Instalaciones Sanitarias - Alcantarillado Sanitario, Pluvial y Tratamiento de Aguas Residuales*. Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de <http://www.ingenieroambiental.com/4014/nb688-bolivia.pdf>

Fondo de desarrollo de la industria láctea. (s.f.). *Fondo de desarrollo de la industria láctea*. Recuperado el 3 de agosto de 2015, de Fondo de desarrollo de la industria láctea: [http://www.fondilac.com/suplementos\\_alimenticios.html](http://www.fondilac.com/suplementos_alimenticios.html)

Freire, N. (s.f.). *Calidad del Agua*. Recuperado el 08 de Agosto de 2015, de Demanda Bioquímica de Oxígeno: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6165/2/DBO%20-%20SS%20-%20SD.pdf>

Fuentes, R., Melgar, E., & Pineda, L. (Enero de 2011). *Propuesta de diseño de planta de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Jocoro, departamento de Morazán*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de [http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021233/021233\\_Cap2.pdf](http://www.univo.edu.sv:8081/tesis/021233/021233_Cap2.pdf)

Gaceta. (Mayo de 2006). *Norma Técnica Obligatoria Nicaraguense para regular los sistemas de tratamientos de aguas residuales y su reuso*. Obtenido de NTON 05 027-05: [http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/\(\\$All\)/3B3583B8C7D4EE32062579BC007B7023?OpenDocument](http://legislacion.asamblea.gob.ni/Normaweb.nsf/($All)/3B3583B8C7D4EE32062579BC007B7023?OpenDocument)

García Hololavsky, R. (26 de 01 de 2012). *Manual de prácticas de Laboratorio de Ingeniería Sanitaria*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de [http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL\\_LABORATORIO\\_DE\\_SANITARIA.pdf](http://fing.uach.mx/licenciaturas/IC/2012/01/26/MANUAL_LABORATORIO_DE_SANITARIA.pdf)

- Garrafón, G. (2007). *Reutilización de aguas residuales urbanas*. Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/602/619>
- Gómez Duran, A. F. (22 de Agosto de 2013). *Tanques Imhoff*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Centro Agropecuario y servicios ambientales: <http://es.slideshare.net/arnoldofabianduran/tanque-imhoff-25493254>
- Gómez, O. (2005). Contabilidad de costos de produccion. En O. Gomez Bravo, *Contabilidad de costos* (págs. 1-12). Bogota D. C: Nomos S.A.
- Hernández Sánchez, I. (11 de Abril de 2011). *Tratamiento de aguas residuales para aporte a central térmica de ciclo combinado*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Análisis de la tecnología actual: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/11659>
- Higa, T. (1991). Recuperado el 25 de Noviembre de 2012, de [http://www.fundases.org/userfiles/file/MicroorG\\_Benef\\_Efect.pdf](http://www.fundases.org/userfiles/file/MicroorG_Benef_Efect.pdf)
- Higa, T. (2002). *Una Revolucion para Salvar la Tierra*. Tarragona: Emro Europe Branch.
- Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (INAA). (Marzo de 1994). *Norma de diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003-99)*. Recuperado el 22 de Agosto de 2015, de <http://www.inaa.gob.ni/documentos/Normativas/seccion-1/7.Abastec.yPot.Agua.pdf/view>
- Kangarani, A. (2011). *E.D.A.R. para una población de más de 100.000 habitantes equivalentes mediante Fangos Activos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11131/Mem%20ria.pdf?sequence=1>
- Lanuzas Armas, D. F. (2012). *Diagnostico de Produccion Mas Limpia de la empresa Renacer, Palacaguina departamento de Madriz. Estelí*. Estelí.



- Lizardi Alegre, L. J. (Agosto de 2009). *Remoción de micro organismos patógenos utilizando polímeros como mecanismo de ultrafiltración en aguas de origen doméstico*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5722/JOSE%20LUIS%20ALEGRE%20LIZARDI.pdf?sequence=1>
- Londoño, A., Giraldo, G., & Gutiérrez, Á. (2010). *Métodos analíticos para la evaluación de la calidad físicoquímica del agua*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/49658/7/9789588280394.pdf>
- Marín, A., & Osès, M. (2013). *Operacion y mantenimiento de Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales con el proceso de Lodos Activos*. Recuperado el 6 de 10 de 2015, de CEA Jalisco- Dirección de Operacion de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: [httpwww.ceajalisco.gob.mxpublicacionespdfplantas\\_tratam\\_tomo1.pdf](httpwww.ceajalisco.gob.mxpublicacionespdfplantas_tratam_tomo1.pdf)
- McGRAW HILL. (2001). Analisis del agua y del agua residual. En C. N. Sawyer, P. L. McCarty, & G. F. Parkin, *Quimica para Ingenieria Ambiental* (págs. 395-680). Bogota D.C: McGRAW HILL.
- McGRAW HILL. (2000). Constituyentes de las aguas residuales. En R. Crites, & G. Tchobanoglous, *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones* (págs. 25-74). Santa Fe de Bogota: McGRAW HILL.
- Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (Octubre de 2003). *Reglamento tecnico del sector de aua potable y saneamiento basico* . Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de Definicion del nivel de complejidad y evaluacion de la poblacion, la dotacion y la demanda de agua: <http://www.minvivienda.gov.co/GuiasRAS/RAS%20-%20002.pdf>
- Ministerio de Desarrollo. (Noviembre de 2000). *Reglamento técnico del sector agua potable y saneamiento básico RAAS 2,000*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Tratamiento de aguas residuales: [http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7.\\_Tratamiento\\_de\\_aguas\\_residuales.pdf](http://cra.gov.co/apc-aa-files/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf)

- Morales Cardona, A. I. (15 de Noviembre de 2014). *Efectos de los factores ambientales sobre las procariotas*. Recuperado el 15 de Marzo de 2015, de <http://es.slideshare.net/AndreaMorales46/investigacion-efectos-sobre-procariotas>
- Muñoz Cruz, A. (Junio de 2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/231104/514/1/Caracterizacion%20y%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales.pdf>
- Murillo, M. (2011). *Evaluación del proceso biológico anaeróbico, en el sistema de tratamiento de aguas residuales en una compañía dedicada a la fabricación de galletas*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de [http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2918/Informe\\_final.pdf?sequence=1](http://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2918/Informe_final.pdf?sequence=1)
- Pérez Alarcon, F. E., & Camacho Alcalá, K. L. (Marzo de 2011). *Tecnologías existentes para el tratamiento de aguas residuales*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de *Tecnoñogías para el tratamiento de aguas servidas*: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/29490/1/PerezAlarconyCamachoAlcala.pdf>
- Pozo Rosero, M. A. (2011). *Incidencia en los sistemas de los costos en la fijación de precios de la asociación de productores agropecuarios "Unión Libre"*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1929/1/TA0192.pdf>
- Quiroz, H. (26 de Noviembre de 2012). *Microflora de aguas residuales*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de <http://es.slideshare.net/hansramonquirozruiz/dbo-microflora-de-aguas-residuales>
- Ramírez, M. (2006). *Tecnología de Microorganismos Eficientes (EM) aplicada a la agrocultura y el medio ambiente sostenible*. Recuperado el 17 de Agosto de 2015, de [hortiocio.com/app/.../MICROORGANISMOS+EFICIENTES+TESJS.pdf](http://hortiocio.com/app/.../MICROORGANISMOS+EFICIENTES+TESJS.pdf)

- Reyes Mendoza, B. N. (Diciembre de 2004). *Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM)*. Recuperado el 06 de Noviembre de 2014, de Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una comunidad pequeña con microorganismos eficaces (EM): [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/estabilizacion\\_lodos\\_septicos\\_comunidad.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/estabilizacion_lodos_septicos_comunidad.pdf)
- Roca Gutiérrez, M. I. (04 de Marzo de 2012). *Los elementos del costo de producción*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://es.slideshare.net/marrocaguti/los-elementos-del-costodeproduccion>
- Rodríguez, A., Letón, P., Rosal, R., Dorado, M., Villar, S., & Sanz, J. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de [http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2\\_tratamientos\\_avanzados\\_de\\_aguas\\_residuales\\_industriales.pdf](http://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/vt/vt2_tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf)
- Rojas Medina, R. (2014). *Contabilidad de costos*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/12101/1/ricardorojasmedina.2014.pdf>
- Salvai, A. (2011). *Legislación en higiene y seguridad*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de Recurso Agua: [http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/108231/mod\\_folder/content/0/RECURSO%20AGUA.pdf?forcedownload=1](http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/108231/mod_folder/content/0/RECURSO%20AGUA.pdf?forcedownload=1)
- Toalombo Iza, R. M. (2012). *Evaluación de Microorganismos Eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (Allium fistulosum)*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2217/1/Tesis-22agr.pdf>
- Toapanta, M. (2009). *Calidad del agua .* Recuperado el 15 de Octubre de 2015, de Grasas y aceites: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/8/GRASASYACEITES.pdf>
- UNAVARRA. (2002). *Microbiología Clínica*. Recuperado el 30 de Agosto de 2015, de <http://www.unavarra.es/genmic/microclinica/tema%2002.pdf>

Universidad Veracruzana. (2004). Diseño experimentales comunes. En U. Veracruzana, *Metodología de Diseño estadístico* (págs. 79-80). Mexico: Universidad Veracruzana.

Valencia Montoya, G. (01 de Abril de 2005). *Tratamientos primarios*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/010439/010439-05.pdf>

Vilaseca Vallvè, M. M. (2001). *Observación microscópica de fangos activados en los tratamientos de depuración biológica*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/1726/TREBALL8.pdf?sequence=%201>

Villegas Hurtado, J. (2014). *Evaluación del efecto transformador de microorganismos de materia orgánica (MTO) en el proceso de compostaje de las deyecciones de bovinos, porcinos y conejos*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1901/Trabajo%20Grado%20Jaime%20Hurtado%20Villegas%20V%20Cohorte.pdf?sequence=1>

Viracucha Ortiz, S. M. (2012). *Tratamiento biológico de aguas residuales generadas en un ingenio azucarero- con la tecnología de lodos activos*. Recuperado el 20 de Octubre de 2015, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/864/1/T-UCE-0017-18.pdf>

Yépez, A. S., Shintani, M., Tabora, P., Botero, R., Okumoto, S., & Tylor, R. (Diciembre de 2002). *Guía Práctica para el uso de em en la producción animal sostenible*. Recuperado el 12 de Enero de 2015, de [http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base\\_datos/produccion\\_animal\\_sostenible\\_com\\_em.pdf](http://www.em-la.com/archivos-de-usuario/base_datos/produccion_animal_sostenible_com_em.pdf)

## **XI. Glosario de términos**

- **Aeróbicas:** Especies que necesitan oxígeno molecular libre en el agua.
- **Anaeróbicas:** Especies que no precisa un ambiente con oxígeno libre molecular para desarrollar su metabolismo.
- **Actinomicetes:** Son un grupo de bacterias. La mayoría se encuentran en la tierra, jugando un importante rol en la descomposición de materia orgánica.
- **Antagonismo:** Microorganismos diferentes a los patógenos.
- **Aniones:** Iones portadores de cargas negativas que se desplazan hacia los ánodos o electrodos positivos presentes en las aguas naturales.
- **Autótrofas:** Bacterias que tienen la capacidad de producir su propio alimento.
- **Aguas residuales:** Son aquellas procedentes de actividades domésticas, comerciales, industriales y agropecuarias que presenten características físicas químicas o biológicas que causen daño a la calidad del agua, suelo, boita, y a la salud humana.
- **Bioactivas:** Relativo o perteneciente a una sustancia que tiene un efecto en el tejido vivo o causa una reacción en el.
- **Bacilo:** Bacterias de forma alargada, de carácter patógenas.
- **Bacterias fototrópicas y/o fotosintéticas:** Las bacterias fotosintéticas o foto trópicas son un grupo de microorganismos independientes y autosuficientes.
- **Bacterias ácido lácticas:** Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas levaduras y aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica.
- **Biofiltro:** Es un campo Filtrante impermeabilizado al subsuelo, compuesto de arena o grava donde crecen plantas (hidrofitas) acuáticas emergentes donde circula el agua residual pre tratada de forma horizontal o vertical a través de través de los tallos y raíces de la vegetación emergente (Humedad de tipo superficial). La purificación de las aguas la realizan fundamentalmente los microorganismos que viven en el suelo y en el área de las raíces. Además hay procesos físicos y químicos que causan la purificación de las aguas residuales.

- **Caracterización de Aguas Residuales:** Descripción cualitativa y cuantitativa del contenido físico, químico y bacteriológico de las aguas residuales.
- **Conductividad Eléctrica:** La conductividad eléctrica (CE) es una medida de la concentración total de sales (CST), basada en el principio de que la velocidad con la que la corriente eléctrica atraviesa una solución salina en condiciones estándares se incrementa al aumentar la concentración de sales en solución. Se expresa en dS/m (dS= deciSiemens) equivalente a 1mmhos/cm= 1dS/m; por tanto CE refleja la concentración de sales solubles en la disolución.
- **Carga Contaminante:** Cantidad de un contaminante expresada en unidades de masa por unidad de tiempo (Kg/día), aportada en una descarga de aguas residuales. Se calcula mediante fórmula: Carga Contaminante = Volumen de la descarga en un día multiplicado por la Concentración media del contaminante.
- **Coliformes fecales:** Los microorganismos que tiene las mismas propiedades de los coliformes totales, a una temperatura de 44 o 45° C. También se les designa coliformes resistentes o termotolerantes.
- **Coliformes Totales:** Bacilos Gran negativos no esporulados que pueden desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 o 37° C, en un período de 24 a 48 horas.
- **Contaminación:** La presencia y/o introducción al ambiente elementos nocivos a la vida, la flora o la fauna, o que degrade la calidad de la atmósfera, del agua o del suelo, o de los bienes y recursos naturales en general.
- **Contaminantes:** Toda materia, elementos, compuestos, sustancias, derivados químicos o biológicos, energía, radiación, vibración, ruido o una combinación de ellos en cualquiera de sus estados físicos que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier otro elemento del ambiente, altere o modifique su composición natural y

degrade su calidad, poniendo en riesgo la salud de las personas y la preservación y conservación del ambiente.

- **Cuerpo Receptor:** Parte del medio ambiente en el cual pueden ser vertidos directa o indirectamente cualquier tipo de efluentes tratados o no tratados provenientes de actividades contaminantes o potencialmente contaminantes tales como: Suelos, Cursos de agua, drenajes naturales, lagos, lagunas, ríos, embalses y el océano.
- **Coexistir:** Microorganismos que existen a la vez que otros tipos.
- **Coloidales:** Hace referencia a los cuerpos o materiales que se dispersan en un fluido en forma de partículas, formando una solución llamada coloidal.
- **Cloramidas:** Son un tipo de aminas orgánicas que se producen cuando el amoníaco y el cloro reaccionan entre sí.
- **Criòfilas:** Bacterias que se desarrollan mejor en temperaturas inferiores a 10°C.
- **Cepas:** Variante genotípica de una especie o, incluso, de un taxón inferior, usualmente propagada clonalmente.
- **Cometabolismo:** Transformación de un compuesto, llamado cosustrato, en presencia de un sustrato durante el crecimiento o por células en reposo en la ausencia del sustrato.
- **Coliforme Total:** Bacilo gran negativo no esporulado, que puede desarrollarse en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos con similares propiedades de inhibición de crecimiento, no tienen citocromo oxidasa y fermentan la lactosa con producción de ácido, gas y aldehído a 35 ó 37 °C, en un periodo de 24 a 48 horas.
- **Coliforme Fecal:** Los microorganismos que tienen las mismas propiedades, de los coliformes totales, a una temperatura de 44 ó 44.5 °C. También se les designa Coliformes Termorresistentes o Termotolerantes.
- **Coeficiente de retorno:** Es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. Su valor depende del nivel de complejidad del sistema de tratamiento.
- **Desarenador:** Es una cámara para retener arena y otros detritos minerales inertes más pesados, de características no putrescibles y que tiene

velocidades de sedimentación sustancialmente mayores que las sustancias orgánicas putrescibles contenidas en un agua residual.

- **Desechos líquidos Industriales:** Son todas las sustancias líquidas, provenientes de la actividad industrial y que por su característica física y química son un riesgo para la salud humana y la preservación del medio ambiente.
- **Demanda Bioquímica de oxígeno (BDO):** Es la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.
- **Demanda Química de oxígeno (DQO):** Medida de capacidad de consumo de oxígeno de la materia orgánica presente en el agua o agua residual, se expresa como la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química.
- **Digestión Aeróbica:** Es la descomposición bioquímica de materia orgánica presente en aguas residuales por microorganismos en la presencia de oxígeno.
- **Digestión Anaeróbica:** Es la descomposición bioquímica de la materia orgánica presente en las aguas residuales mediante microorganismos en ausencia de oxígeno con la producción de gas metano y dióxido de carbono.
- **Descarga:** Cualquier contribución, lanzamiento, derrame, bombeo, vaciado, emisión o disposición de un contaminante en o sobre el terreno o a cualquier contaminante a un cuerpo receptor.
- **Desechos:** Cualquier materia, líquida, sólida, gaseosa o radioactiva, que es descargada, emitida, depositada, enterrada o diluida, en volúmenes tales que puedan, tarde o temprano, producir alteraciones en el ambiente. Este subproducto indeseable, no utilizable a corto plazo en el nivel industrial, o cualquier otra sustancia que es descargada al ambiente accidentalmente o de otra forma.
- **Desinfección:** La aplicación de agentes químicos o físicos, con vistas a eliminar los microorganismos patógenos para obtener las condiciones higiénicamente satisfactorios.
- **Disposición Final:** Es la acción de depósito permanente de los desechos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente.



- **Drenaje:** Sistema utilizado para recolectar y dirigir los desechos líquidos hacia los lugares de desagües.
- **Diseminación:** Incremento de la actividad bacteriana.
- **Desionización:** Proceso que sirve para eliminar todas las sustancias ionizantes de una solución.
- **Detoxificación:** Proceso de eliminación de sustancias tóxicas.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Es la cantidad de oxígeno disuelta en el agua y utilizada por los microorganismos en la oxidación bioquímica de la materia orgánica.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Medida de capacidad de consumo de oxígeno por la materia orgánica presente en el agua o agua residual se expresa como la cantidad de oxígeno consumido por la oxidación química.
- **Eficiencia del sistema:** Es el porcentaje de remoción, de la concentración o carga contaminante de un parámetro específico, que se remueve en una planta de tratamiento.
- **Estimación del consumo medio diario por habitante:** Corresponde a la dotación neta, es decir, a la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer sus necesidades. La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y del tamaño de la población.
- **EM:** Es un concentrado líquido que contiene unas 80 variedades de microorganismos que incluye tanto especies aeróbicas que respiran oxígeno como anaeróbicas tipo las fotosintéticas y cuyo logro es que coexistan en un medio líquido con pH 3.5 y se complementen, lo que le confiere un alto poder antioxidante.
- **Efluentes:** Descarga de aguas residuales, tratada o que no haya recibido algún tipo de tratamiento, procedente de plantas de tratamiento sanitarias, plantas de tratamiento de aguas industriales, procesos de manufactura, tanques de almacenamiento, charcas, alcantarillas, o cualquier otra fuente de contaminación de agua.
- **Exclusión competitiva:** Es la actividad de dos o más especies que no pueden vivir en un mismo hábitat si ambas poseen una relación interespecífica de competencia por el alimento o el territorio.

- **Estreptococos Fecales:** Son indicadores de contaminación fecal.
- **Escherichia Coli (E. Coli):** Son presuntos E. Coli las bacterias Coliformes Fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a 44 ó 44.5 °C con producción de gas, y que también producen indol a partir del triptófano. La confirmación de que en verdad se trata de E. Coli se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se utiliza el citrato como única fuente de carbón. La E. Coli es el indicador más preciso de contaminación fecal.
- **Fotosintéticas:** Son todos aquellos microorganismos que al poseer clorofila, pueden realizar la fotosíntesis, un proceso que les permite obtener materia orgánica usando como fuente la energía de la luz solar.
- **Fletes:** Costos originados por concepto de transporte o traslado de materia prima que compra la empresa, los cuales no son asumidos por el proveedor.
- **Generador:** Persona natural o jurídica, pública o privada, responsable de los sistemas de tratamientos de aguas residuales, cuyos efluentes se vierten a un cuerpo receptor, alcantarillado sanitario o se transfieran a un tercero para su reuso.
- **Heterótrofas:** Bacterias que no pueden producir su propio alimento.
- **Helminetos:** Grupo de microorganismos que incluyen todos los gusanos parásitos y vida libre con forma y tamaños variados que inciden en la salud de la población.
- **Infiltración o percolación:** Se utiliza este método en zonas de recarga de acuíferos, el agua se infiltra desde lagunas de difusión a través de la zona saturada hasta el acuífero. Se emplea como método de tratamiento relativamente bajo y además tiene la ventaja de almacenar agua.
- **Impuesto Predial:** Tributo que se aplica al valor de los predios urbanos y rústicos.
- **INAA:** En lo referente a la fiscalización, control y la aplicación de sanciones en relación a las descargas de vertidos líquidos domésticos, industriales y agropecuarios a las redes de alcantarillado sanitario.

- **Impacto Ambiental:** Cualquier alteración significativa positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente provocadas por acción humana y/o acontecimientos de la naturaleza en un área de influencia definida.
- **Muestras Simples o Instantáneas:** Son las muestras captadas en una unidad de tiempo y representan las características del agua residual en ese momento.
- **Muestras Compuestas:** Las que se toman por intervalos predeterminados durante el período de muestreo para completar un volumen proporcional al caudal, de manera que este resulte representativo de la descarga de aguas residuales, medido en el sitio y en el período de muestreo.
- **MARENA:** En lo referente a la fiscalización, control y la aplicación de sanciones en relación a las descargas de vertidos líquidos domésticos, industriales y agropecuarios a los cuerpos receptores así como las destinadas al riego agrícola.
- **Mesófilos:** Bacterias que crecen bien a temperatura corporal o próxima a ella.
- **Lixiviados:** Es el líquido resultante de un proceso de percolación de un fluido a través de un sólido.
- **Materia Orgánica biodegradable:** Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, se mide generalmente en función de la Demanda Biológica de Oxígeno (BDO) y Química de Oxígeno (DQO).
- **Número más Probable (NMP):** Valor que indica la cantidad de microorganismos coliformes en 100 ml de agua. Su determinación se basa en el cálculo de probabilidades, con tablas preparadas y presentadas por el Standard Methods.
- **Lignina peroxidasa:** Enzima que cataliza la reacción de oxidación.
- **Lucro Cesante:** Forma de daño patrimonial que consiste en la pérdida de una ganancia legítima o de una utilidad económica.
- **Lactosa:** Azúcar compuesto por glucosa y galactosa, que se encuentra en la leche de los mamíferos.

- **Límite máximo permisible:** Es el valor establecido de la concentración de un parámetro o compuesto o sustancia que no debe superarse, con el objeto de proteger la salud humana, la calidad del ambiente o la integridad de sus componentes.
- **Lodos:** Sólidos acumulados separados de las aguas residuales generando en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
- **Lagunas de estabilización:** Son excavaciones poco profundas que almacenan agua residual por un tiempo variable en función de la carga hidráulica aplicada y de las condiciones climáticas, de forma que la actividad de los microorganismos presentes en el agua. El proceso de depuración se debe a las reacciones biológicas químicas y físicas que ocurren en el medio acuático y que tienden a estabilizar el agua residual.
- **Levaduras:** Las levaduras son microorganismos que entran en contacto con la materia orgánica, secretan sustancias benéficas como vitaminas, ácidos orgánicos y minerales.
- **Límite Máximo Permisible Promedio Diario:** Se entenderá por límite máximo permisible promedio diario, los valores, rangos y concentraciones de los parámetros que debe cumplir el responsable de la descarga, en función del análisis de muestras compuestas de las aguas residuales provenientes de las descargas domésticas e industriales.
- **Oxidación:** Proceso de degradación bacteriana de los principios inmediatos realizados por enzimas a temperaturas constantes.
- **Ósmosis Inversa:** Fenómeno físico relacionado con el movimiento de un solvente a través de una membrana semipermeable.
- **Ozonización:** Adición de ozono a un agua o a un agua residual con el propósito de desinfección, oxidación de materia orgánica o eliminación de olor y gusto desagradables.
- **Potencial de Hidrogeno (pH):** Es una forma de expresar la concentración de los iones hidrogeno o, más exactamente, la actividad del ion hidrogeno.
- **Parámetro:** Es un valor cualquiera de una variable independiente que se refiere a un elemento o atributo que permite calificar o cuantificar una propiedad determinada del cuerpo físico en cuanto a ciertas propiedades.

- **Proceso Físicos:** Son métodos de tratamientos en los que predominan los fenómenos físicos (aplicación de fuerzas gravitatorias, centrifugas, retención física, etc.) En este grupo se pueden incluir: desbaste de sólidos, desengrasado, desarenado, sedimentación, flotación, evaporación, desinfección y absorción.
- **Procesos Químicos:** Los métodos de tratamientos en los que la eliminación de contaminantes es provocada por la adición de productos químicos o por otras reacciones químicas se conocen con el nombre de procesos químicos. Entre estos podemos incluir: floculación y coagulación, neutralización, oxidación, reducción, intercambio iónico, absorción y desinfección (cloro, ozono).
- **Proceso Biológicos:** Son los métodos de tratamiento en los cuales se reduce la carga contaminante mediante la actividad microbiana. El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar la actividad microbiana. El tratamiento biológico se usa esencialmente para eliminar las sustancias orgánicas biodegradables (coloidales o disueltas) presentes en el agua residual. Básicamente, estas sustancias se mineralizan u forman tejido celular que puede ser eliminado por sedimentación, y otras se transforman en gases que pueden escapar a la atmósfera. Entre estos procesos podemos citar: Lodos activados, lechos bacterianos, lechos de turba, lagunas de estabilización, biodiscos y sistemas de aplicación al suelo.
- **Quelación:** Sustancia de naturaleza química que tiene la facultad de unirse a los iones metálicos.
- **Regeneración:** Proceso por el cual ciertos organismos pueden volver a formar porciones del cuerpo que han sido separadas accidentalmente.
- **Rejillas:** Aprovechamiento de un efluente de sistemas de tratamiento de aguas residuales, antes o en vez de su vertido, dependiendo de su calidad, pueden ser utilizadas en otras actividades como riego, recreación, acuicultura, recarga de acuíferos, etc.
- **Reuso:** Aprovechamiento de un efluente de sistemas de tratamiento de aguas residuales, antes o en vez de su vertido, dependiendo de su calidad, pueden ser utilizadas en otras actividades como riego, recreación, acuicultura, recarga de acuíferos, etc.

- **Residuos Sólidos:** Son residuos que se producen por las actividades del hombre o por los animales, que normalmente son sólidos y que son desechos como inútiles o superfluos.
- **Sólidos Totales (ST):** Los sólidos totales no incluyen material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).
- **Sinergismo:** Interacción entre dos microorganismos.
- **Sedimentación:** Proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas en el agua, por efecto gravitacional.
- **Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (STAR):** Conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos, que se aplican al agua residual con el fin de mejorar su calidad. Los conceptos y sus correspondientes definiciones empleados en esta Norma, constituyen los términos claves para la interpretación de la misma, y se entenderán en el significado que en esta Norma se expresa, sin perjuicio de los conceptos empleados en otros documentos.
- **Sodio Porcentual:** Razón entre las concentraciones de sodio y la suma de las concentraciones de calcio, magnesio, potasio y sodio, todo expresado en mg/l.
- **Termófilas:** Bacterias que se desarrollan a temperaturas inferiores a 45°C.
- **Tanques de Homogenización y/o Compensación:** El objetivo de la homogenización es el de minimizar las fluctuaciones en las características del agua tanto en calidad como en cantidad con el fin de proveer las condiciones óptimas para los tratamientos subsecuentes.
- **Tanque Séptico:** Un tanque séptico es una unidad de tratamiento de sedimentación y digestión, generalmente cerrado, de escurrimiento horizontal y continuo. La velocidad y permanencia del líquido del tanque permiten la descomposición de las partículas en suspensión y en el fondo, donde los lodos son digeridos por la descomposición anaerobia, se transforman en sustancias sólidas parcialmente mineralizadas, líquidos y gases.
- **Tanque Imhoff:** Son unidades de sedimentación y digestión, pueden ser abiertos o cerrados de flujo horizontal y continuo con dos cámaras

superpuestas, son utilizados principalmente para el tratamiento primario de las aguas residuales.

- **Tratamiento preliminar o Pre-tratamiento:** Es el destinado a preparar las aguas residuales para que puedan recibir un tratamiento subsiguiente, sin perjudicar los equipos mecánicos y sin obstruir tuberías y causar depósitos permanentes en tanques. Sirven también para minimizar algunos efectos negativos al tratamiento tales como grandes variaciones de caudal y la presencia de materiales flotantes como aceites, grasas y otros.
- **Tratamiento primario:** Tratamiento de aguas residuales mediante un proceso físico-químico que incluya la sedimentación de sólidos en suspensión, u otros procesos en los que la DBO de las aguas residuales que entren, se reduzca, por lo menos, en un 20% antes del vertido, y el total de sólidos en suspensión en las aguas residuales de entrada se reduzca, por lo menos en un 50%.
- **Tratamiento Secundario:** Proceso que elimina de las aguas la materia orgánica biodegradable y que no ha sido retirada por el tratamiento primario. Consiste en provocar el desarrollo de microorganismos capaces de asimilar la materia orgánica, tratamiento biológico con sedimentación secundaria u otro proceso, en el que se respeten los requisitos que se establecerán reglamentariamente.
- **Tratamiento Terciario:** Proceso de tratamiento adicional de naturaleza biológica o físico-química, necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos y las sustancias disueltas que permanecen en el agua residual después del tratamiento secundario convencional. Estas pueden ser compuestos orgánicos y compuestos sintéticos muy complejos.
- **Toxicidad:** La propiedad que tiene una sustancia, elemento o compuesto, a una determinada dosis, de causar daños en la salud humana o modificación, alteración o muerte de cualquier organismo vivo.
- **Unicelulares:** Organismos que están constituidos por una sola célula.

## **XII. Anexo**

### **Anexo 1. Estimación del caudal de aguas residuales**

- **Cuantificación de caudales de aporte**

Para la cuantificación del caudal de aporte o población de aguas en estudio se utilizara la ecuación 1 que establece (DIGESBA, 2001) la que se empleará para estimar el caudal de aguas residuales que entra a la planta de tratamiento de la ciudad de Ocotal:

#### **Ecuación 1. Estimación del caudal de aguas residuales domésticas**

$$Q_m = \frac{D \times C \times P}{1,000} = m^3 / \text{día}$$

**Donde:**

**Q<sub>m</sub>** = Caudal medio diario – m<sup>3</sup>/día

**D** = Consumo medio por habitante (Dotación) - L/habitante-d

**P** = Población servida – habitante

**C** = Factor de producción de aguas residuales – adimensional.

- **Población del proyecto**

Se empleara el método de Crecimiento geométrico que según (DIGESBA, 2001) esta definido por la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 2. Población futura**

$$P_f = P_a (1+i)^t$$

**Donde:**

**P<sub>a</sub>** = Población inicial.

**P<sub>f</sub>** = Población final.

**t** = Período de tiempo considerado (años).

**i** = Tasa de crecimiento (decimal).



La población de Ocotal del año 2014 es de 44,249 habitantes según el último censo oficial elaborado por la Alcaldía de Ocotal- Nueva Segovia, por lo que se obtiene que la población futura para el año 2015 según (Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (INAA), 1994) la tasa de crecimiento geométrico se desea que no sea menor de 2.5% ni mayor de 4% por lo tanto se utilizaron rangos de 3.5%. Estos datos determinaron la población futura lo que se espera que sea de 45,798 habitantes; lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$Pf = P_a(1+i)^t$$

$$Pf = 44,249 \text{ hab} (1+0.035)^1$$

$$Pf = 45,798 \text{ hab}$$

- **Dotación del agua potable**

En el capítulo II titulado Dotación y demanda de agua para consumo establecido en la Norma de diseño de sistemas de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003-99)- INAA se detallan la dotación de agua para las ciudades del resto del país a excepción de Managua según la población por lo que se realizó la estimación del consumo medio diario por habitante:

**Tabla 69.** Dotación y demanda de agua para consumo

Rango de población	Dotación	
	Gal/habitante/día	L/habitante/día
0-5,000	20	75
5,000- 10,000	25	95
10,000- 15,000	30	113
15,000- 20,000	35	132
20,000- 30,000	40	151
30,000-50,000	45	170
50,000- 100,000 y mas	50	189

**Fuente:** Retomado de (Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (INAA), 1994)

En vista que se tienen como población 45,798 habitantes se tiene que la dotación por persona es de 45 gal/hab/día lo que corresponde a 170 L/hab/día, por lo tanto se tiene el consumo promedio por habitante.

- **Aporte de aguas residuales domésticas**

Según el (Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados (INAA), 1994) establece que se aportara un coeficiente de producción de aguas residuales en un 80%.

- **Determinación de la población con el servicio de alcantarillado sanitario**

Para la determinación de la población que tiene el servicio de alcantarillado sanitario se consultó a los funcionarios de la Empresa de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) de la Ciudad de Ocotlán donde expresaron que la PTAR solamente abastece un 20% de la población aunque tienen la capacidad de abastecimiento de hasta un 35%. Por lo anterior consultado se determinó que los habitantes que tienen el servicio son de 9,160 habitantes esto es producto de  $(45,798 \times 0.20)$ .

- **Parámetros para la determinación del caudal medio de la planta de tratamiento de Ocotlán**

**Tabla 70.** Parámetros de determinación del caudal de aguas residuales domésticas que entran a la planta de tratamiento.

Parámetro	Unidad	Valor
Dotación (D)	L/habitante/día	170
Población futura (Pf)	Habitante	45,798
Coeficiente de retorno o aporte (C )	%	80
Población con el servicio de alcantarillado sanitario (P)	Habitante	9,160

Retomando la ecuación 1 se procedió a estimar el caudal de aguas residuales doméstica

$$Q_D = \frac{D \times C \times P}{1,000} = m^3 / \text{día}$$

$$Q_D = \frac{170 \text{ L/hab/día} * 0.80 * 9,160 \text{ hab}}{1,000} = 1,246 \text{ m}^3/\text{día}$$

## Anexo 2. Resultados de la caracterización físico, químico y microbiológico

### 2.1. Caracterización Físicas de las muestras

**Tabla 71.** Valor pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros.

Potencial de Hidrógeno(pH)	
Tratamiento (L) - Días	pH de la muestra
0.002 - 40	7
0.004 - 57	7
0.008 - 67	7
0.016 - 75	8

**Tabla 72.** Valor de concentración de sólidos totales durante los tratamientos con las muestras de dos litros.

Sólidos Totales	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.004 – 40	133.1
0.008-57	173.8
0.016- 67	491
0.032- 75	397.2

**Tabla 73.** Valor pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

Potencial de Hidrógeno(pH)	
Tratamiento (L) – Días	pH de la muestra
0.003 – 40	7

0.006 – 57	7
0.012 – 67	7
0.024 – 75	8

**Tabla 74.** Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

<b>Sólidos Totales</b>	
<b>Tratamiento (L) - Días</b>	<b>Valor de concentración mg/l</b>
0.004 – 40	144.5
0.008-57	194
0.016- 67	323.6
0.032- 75	405.3

**Tabla 75.** Valor pH durante los cuatro tratamientos en las muestras de cuatros litros.

<b>Potencial de Hidrógeno(pH)</b>	
<b>Tratamiento (L) – Días</b>	<b>PH de la muestra</b>
0.004 – 40	7
0.008 – 57	7
0.016 – 67	7
0.032 – 75	8

**Tabla 76.** Valor de concentración de sólidos totales durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros.

<b>Sólidos Totales</b>
------------------------

Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.004 - 40	146.5
0.008-57	244.7
0.016- 67	346.5
0.032- 75	425.6

**Tabla 77.** Valor de pH durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.

Potencial de Hidrógeno(pH)	
Tratamiento (L) - Días	PH de la muestra
0.005 – 40	7
0.01 – 57	7
0.02 – 67	7
0.04 – 75	8

**Tabla 78.** Valor de concentración de sólidos totales en cada tratamiento en las muestras de cinco litros.

Sólidos Totales	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.004 – 40	152.5
0.008-57	244.7
0.016- 67	339.5
0.032- 75	427.4

## 2.2. Caracterización química de las muestras

**Tabla 79.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros.

Demanda Química de Oxigeno	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l

0.002 – 40	314.96
0.004 – 57	210.77
0.008 – 67	354.48
0.016 – 75	630.38

**Tabla 80.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros.

<b>Demanda Bioquímica de oxígeno</b>	
<b>Tratamiento (L) - Días</b>	<b>Valor de concentración mg/l</b>
0.002 – 40	180
0.004 – 57	23
0.008 – 67	24
0.016 – 75	63

**Tabla 81.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	
<b>Tratamiento (L) - Días</b>	<b>Valor de concentración mg/l</b>
0.003 – 40	302.36
0.006 – 57	170.85
0.012 – 67	399.2
0.024 – 75	667.91

**Tabla 82.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>
--------------------------------------

Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.003 – 40	201
0.006 – 57	36
0.012 – 67	38.4
0.024 – 75	27

**Tabla 83.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros.

Demanda Química de Oxígeno	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.004 – 40	133.54
0.008 - 57	308.18
0.016 - 67	357.68
0.032 - 75	802.99

**Tabla 84.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros.

Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.004 – 40	16.8
0.008 – 57	101.66
0.016 – 67	18
0.032 – 75	42

**Tabla 85.** Valor de concentración de Demanda Química de Oxígeno DQO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.

Demanda Química de Oxígeno
----------------------------

Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.005 - 40	152.44
0.01 - 57	380.03
0.02 - 67	365.66
0.04 - 75	880.54

**Tabla 86.** Valor de concentración de Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.

Demanda Bioquímica de Oxígeno	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración mg/l
0.005 - 40	15.30
0.01 - 57	174
0.02 - 67	29.2
0.04 - 75	126

### 2.3. Caracterización Microbiológica de las muestras

**Tabla 87.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros.

Coliformes Total	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.002 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.004 – 57	$3.2 \times 10^4$
0.008 – 67	$1.1 \times 10^5$
0.016 – 75	$1.6 \times 10^5$

**Tabla 88.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de dos litros.

Coliformes Fecal
------------------



Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.002 - 40	$1.6 \times 10^6$
0.004 - 57	$3.2 \times 10^4$
0.008 - 67	$9.0 \times 10^4$
0.016 - 75	$1.6 \times 10^5$

**Tabla 89.** Valor de concentración de Coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

Coliformes Total	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.003 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.006 – 57	$1.1 \times 10^5$
0.012 – 67	$4.9 \times 10^3$
0.024 – 75	$1.6 \times 10^5$

**Tabla 90.** Valor de Concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de tres litros.

Coliformes Fecal	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.003 – 40	$3.5 \times 10^5$
0.006 – 57	$7.0 \times 10^4$
0.012 – 67	$3.3 \times 10^3$
0.024 – 75	$1.6 \times 10^5$

**Tabla 91.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros.

Coliformes Total
------------------

Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.004 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.008 – 57	$4.9 \times 10^4$
0.016 – 67	$2.4 \times 10^4$
0.032 – 75	$2.8 \times 10^4$

**Tabla 92.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de cuatro litros.

Coliformes Fecal	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.004 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.008 – 57	$7.8 \times 10^3$
0.016 – 67	$2.4 \times 10^4$
0.032 – 75	$4.6 \times 10^3$

**Tabla 93.** Valor de concentración de coliformes Total durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.

Coliformes Total	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.005 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.01 – 57	$9.4 \times 10^4$
0.02 – 67	$3.5 \times 10^4$
0.04 – 75	$5.4 \times 10^3$

**Tabla 94.** Valor de concentración de coliformes Fecal durante los cuatros tratamientos en las muestras de cinco litros.

Coliformes Fecal	
Tratamiento (L) - Días	Valor de concentración NMP/100ml
0.005 – 40	$1.6 \times 10^6$
0.01 – 57	$9.4 \times 10^4$
0.02 – 67	$2.4 \times 10^4$
0.04 – 75	$9.3 \times 10^2$



## Ficha Técnica de EM ONE® (EM-1)

### ● ¿Que es EM (EM-1 ®) ?

EM® es la sigla de Microorganismos Eficaces (Effective Microorganisms ™) Producto biológico 100 % natural y orgánico. Este es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros y son totalmente seguros para el ser humano, animales y medio ambiente. Los microorganismos Eficaces EM® son una mezcla de bacterias fototróficas, bacterias ácido lácticas y levaduras. El EM® fue descubierto hace mas de 30 años, por Dr.Teruo Higa, quien es profesor de la facultad de agronomía, Universidad Ryukyus en Japón y el primer propósito fue para mejorar la calidad de suelo y rendimiento de los cultivos sin usar agroquímico ni tóxico, sin embargo actualmente se le da diversos usos, como: agricultura sostenible o ecológica, medio ambiente (tratamiento de agua servida y desodorante), pesca y uso industrial.

### ● ¿Cómo funciona?

Los diferentes tipos de microorganismos presentes, toman sustancias orgánicas y sustancias generadas por otros organismos, basado en ellas su funcionamiento y desarrollo. Durante su desarrollo los Microorganismos Eficaces sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas, beneficiosas para cualquier ecosistema. Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población en el medio, la actividad como comunidad con los microorganismos naturales benéficos presentes es también incrementada y la microflora en general se enriquece, balanceando los ecosistemas, inhibiendo la proliferación de microorganismos patógenos, perjudiciales y que causan

putrefacción, evitando enfermedades, la generación de malos olores y haciendo más eficiente el tratamiento y manejo de los residuos orgánicos.

### ● ¿Que es EMA (EM Activado)?

El EM ONE® está latente (inactivo), para conservar a largo plazo, por lo que antes de usarlo, hay que activarlo, para que pueda reducir el costo. La activación de EM es solo UNA VEZ y si hace multiplicación, se pierde equilibrios microbianos de EM (se contamina por otro microorganismos patógenos) .

### ● Preparación de Activación

Materiales Proporción

EM ONE 5%

Melaza 5%

Agua 90%

### ● Como preparar la mezcla?

Un recipiente de 20 litros

EM ONE 1 litro

Melaza 1 litro

Agua Limpia 18 litros

Proceso de activación:



1, Debe conseguir un recipiente que esté totalmente limpio su interior y sin ningún residuo anterior. Si está sucio, debe lavar bien.



2, Adicionar la melaza en recipiente



3, Agregar 1 litros o mas cantidad de agua para agitar (para disolver la melaza)



4, Agite bien.





5, Adicionar EM ONE®



6, Llenar agua hasta cuello de recipiente



7, Debe llegar el nivel de mezcla hasta cuello de recipiente



8, Agitar para que se mezcle bien los productos



9, Debe cerrar la tapa herméticamente y dejar 7 a 10 días bajo sombra para que fermente.



10, La fermentación de activación termina cuando llegue el ph inferior a 3.7 o olor como agridulce (olor de cómo chicha) con color marrón.

#### Recomendaciones

- 1, La tapa de recipiente debe sellar muy bien y hay que mantener condición anaeróbica.
- 2, No puede almacenar bajo el sol, polvo, aire y con producto químico, tóxico.
- 3, No usarlo cuando el ph es superior a 4.5 y presenta mal olor.
- 4, El plazo de almacenamiento será máximo dos meses.
- 5, La activación es solo una vez, si lo hace mas, se pierde equilibrio de los microorganismos originales, por lo tanto no hay garantía sobre su función.
- 6, Conservación de EMA (EM Activado) diluido en agua será máximo 5 días.

#### Aplicaciones

##### -Para Bokashi ( EM compost)

1 litro de EMA (EM Activado) para una bomba de espalda (2litros de EMA y el resto es agua limpia) por cada 1000kg

de materia orgánica, aplicarlo de manera uniforme toda el área y cada volteo.

##### ■ Para Mejoramiento del Suelo

2 parte de EMA y 8 partes de agua limpia, se aplica 1 litro de mezcla por cada 50 m.<sup>2</sup> semanalmente.

##### ■ Para Foliar de las Plantas

1 parte de EMA y 9 partes de agua limpia, se aplica 1 litro de mezcla por 50 m.<sup>2</sup> semanalmente.

##### ■ Para reducción de malos olores

(Excreta de animal o área de mascota)  
2 litros de EMA para una bomba de espalda (2litros de EMA y el resto es agua limpia), y se aplica de mezcla por 300 m.<sup>2</sup> 2 veces al día.

##### ■ Para Agua residual

2 litro de EMA se aplica directo sobre 1m.<sup>2</sup> de agua residual (lugar de afluente) o tanque séptico (deberá duplicar el dosis de EM si aumenta el volumen de agua residual).

Si quiere ver la solución mas rápido, se puede adicionar mas EMA y esto no conlleva ninguna precaución.

##### ■ Precauciones

El EM es producto biológico:

No debe mezclarlo con productos químicos y agros tóxicos, pues esto reducirá su eficiencia, no debe ser diluido juntamente con agua sucia, además el recipiente también no debe contener sustancia química ni toxica aun bien lavado. También antes de hacer la activación o tratar el EM, es mejor lavar sus manos para tener mayor bio seguridad (no contaminar el EM).

La calidad de EM Activado será bajo la responsabilidad de usuarios, por lo tanto es mejor **CONSULTAR** a un experto en EM® antes de empezar a utilizarlo.





#### Anexo 4. Certificados de los análisis de laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
LABORATORIO AMBIENTAL  
 Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales



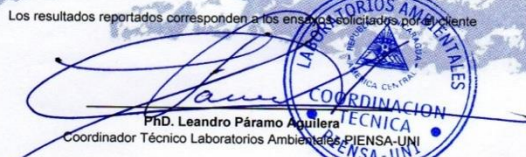
**CERTIFICADO DE ENSAYOS** LA-AAR1312-0113

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
Tecno - UNI		Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	CÉLULAR
Xochilt Arauz		Resp.Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
25/11/2013	25/11/2013	02/12/2013	02/12/2013	1668
Fecha y Hora de Muestreo		22/11/2013; 11:00 AM.		
Muestreado por		Yaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		PTAR Ocotol.		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		NR		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1311-0791		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	289.91	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	114.00	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
 s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

  
**Ph.D. Leandro Páramo Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000278

Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705  
 Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 15.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno de la muestra de agua residuales tratadas.

LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS				MB1311-0101	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Proyecto Tecno-UNI		UNI-RUACS, Estelí		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es	88567046	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	12/12/2013	1668	NUMERO DE MUESTRAS
25/11/2013	25/11/2013	28/11/2013			Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			22/11/2013, 11:00 AM		
Muestreado por			Jaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			UNI-Estelí		
Tipo de muestra			PTAR, Ocotal		
Observaciones de Ubicación			NR		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1311-0791		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta

Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Ing. Leandro Rámon  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000383

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 16.** Certificado de ensayo de Coliforme fecal y total en la muestra de agua residuales tratadas.



**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1312-0115

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
Tecno - UNI		Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL		CÉLULAR
Xochilt Arauz	Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
04/12/2013	04/12/2013	13/12/2013	17/12/2013	1677
Fecha y Hora de Muestreo		03/12/2013; 03:25 PM.		
Muestreado por		Yaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		PTAR Ocotal.		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		NR		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1312-0834		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	314.96	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	180.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los análisis solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0090321

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 17.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del primer tratamiento.



CERTIFICADO DE ENSAYOS						MB1312-0106
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN			TELÉFONO	
Proyecto Tecno-UNI		UNI-RUACS			27197843	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia-Investigación		xochilt-arauz@yahoo.es		27197843
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO						
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS	
04/12/2013	04/12/2013	07/12/2013	12/12/2013	1677	Una (01)	
Fecha y Hora de Muestreo			03/12/2013, 3:25PM			
Muestreado por			Jaritz Rojas			
Supervisor de Muestreo en Campo			NR			
Fuente			UNI-Esteli			
Tipo de muestra			Agua residual, planta de tratamiento			
Observaciones de Ubicación			Ocotol, Nueva Segovia (efluentes)			
Coordenadas			NR			
Codificación PIENSA			LA-1312-0834			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION			
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>			
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	1.6*10 <sup>6</sup>			
						Rango o valor máximo permisible *
						≤5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg: Negativo, NR: No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM: Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leonardo Parodi  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000295  
Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705  
Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.pienso.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 18.** Certificado de ensayo de Coliforme Total y fecal de la muestras de dos litros del primer tratamiento.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1312-0115

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
Tecno - UNI		Estelí		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	CÉLULAR
Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
04/12/2013	04/12/2013	13/12/2013	17/12/2013	1677
Fecha y Hora de Muestreo			03/12/2013; 03:49 PM.	
Muestreado por			Yaritza Rojas	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			PTAR Ocotol.	
Tipo de Muestra			Agua Residual	
Observaciones de Ubicación			NR	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1312-0835	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	302.36	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	201.00	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000319

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 19.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestra de tres litros del primer tratamiento.



CERTIFICADO DE ENSAYOS						MB1312-0106
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELEFONO	
Proyecto Tecno-UNI			UNI-RUACS		27197843	
ATENCIÓN			CARGO		CELULAR	
Xóchilt Aráuz			Resp. Lab. Agroindustria, Docencia-Investigación		27197843	
			EMAIL		xochilt-arauz@yahoo.es	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO						NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA		
04/12/2013	04/12/2013	07/12/2013	12/12/2013	1677		
Fecha y Hora de Muestreo					Una (01)	
Muestreado por			03/12/2013, 3:49 PM			Rango o valor máximo permisible *
Supervisor de Muestreo en Campo			Jaritza Rojas			
Fuente			NR			
Tipo de muestra			UNI-Esteli			
Observaciones de Ubicación			Agua residual, planta de tratamiento			
Coordenadas			Ocotil, Nueva Segovia (efluentes)			
Codificación PIENSA			NR			
LA-1312-0835						
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION			
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>4</sup>			
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	3.5*10 <sup>5</sup>			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leandro Paramo  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000296

Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705  
Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.pienso.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 20.** Certificado de ensayos de Coliforme Fecal y Total en las muestras de tres litros del primer tratamiento.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

**LA-AAR1312-0115**

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
Tecno - UNI		Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Xochilt Arauz		Resp.Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
04/12/2013	04/12/2013	13/12/2013	17/12/2013	1677
Fecha y Hora de Muestreo		03/12/2013, 04:00 PM.		
Muestreado por		Yaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		PTAR Ocotal.		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		NR		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1312-0836		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	133.54	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	16.80	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**Ph.D. Leandro Páramo Aguilera**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0000320**

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 21.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del primer tratamiento.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1312-0106
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN		TELÉFONO
Proyecto Tecno-UNI			UNI-RUACS		27197843
ATENCIÓN			CARGO	EMAIL	CELULAR
Xóchilt Aráuz			Resp. Lab. Agroindustria, Docencia-Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es	27197843
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	12/12/2013	1677	Una (01)
04/12/2013	04/12/2013	07/12/2013			
Fecha y Hora de Muestreo			03/12/2013, 4:00 PM		
Muestreado por			Jaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			UNI-Esteli		
Tipo de muestra			Agua residual, planta de tratamiento		
Observaciones de Ubicación			Ocotál, Nueva Segovia (efluentes)		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1312-0836		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg: Negativo, NR: No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM: Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

*Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente*

COORDINACIÓN TÉCNICA  
 Ph.D. Ing. Leandro Páramo  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000297  
 Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705  
 Email: piensa@uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 22.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del primer tratamiento.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1312-0115

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
Tecno - UNI		Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Xochilt Arauz		Resp.Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
04/12/2013	04/12/2013	13/12/2013	17/12/2013	1677
Fecha y Hora de Muestreo		03/12/2013; 04:10 PM.		
Muestreado por		Yaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		PTAR Ocotol.		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		NR		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1312-0837		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
			PTAR Ocotol.	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	152.44	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	15.30	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**Ph.D. Leandro R. Aguilar**  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

0000322

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 23.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del primer tratamiento.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1312-0106
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
Proyecto Tecno-UNI		UNI-RUACS		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación	xochilt-araúz@yahoo.es	27197843	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
04/12/2013	04/12/2013	07/12/2013	12/12/2013	1677	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			03/12/2013, 4:10 PM		
Muestreado por			Jaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			UNI-Esteli		
Tipo de muestra			Agua residual, planta de tratamiento		
Observaciones de Ubicación			Ocotol, Nueva Segovia (efluentes)		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1312-0837		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>6</sup>		
					≤5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leandro Parra  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

Telefax: (505) 2278-1462 • Teléfono: (505) 2270-5613 / 2270-1517 • Celular: 8866-6702 / 8866-6705  
Email: [piensa@uni.edu.ni](mailto:piensa@uni.edu.ni) • Web: [www.piensa.uni.edu.ni](http://www.piensa.uni.edu.ni) • Managua, Nicaragua.

0000298

**Ilustración 24.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del primer tratamiento.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

**LA-AAR1402-0003**

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
17/01/2014	20/01/2014	24/01/2014	04/02/2014	1687
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014; 08:38 AM.	
Muestreado por			Yarisa Rojas	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			Muestra 1, Tratamiento 2	
Tipo de Muestra			Agua Residual	
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1401-0004	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	210.77	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	23.00	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

**COORDINADOR TÉCNICO**  
 Ph.D. Leandro Paramo Aguilera  
 Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

0000121

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 25.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del tratamiento dos.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0002
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Esteli		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es		
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
17/01/2014	17/01/2014	22/01/2014	03/02/2014	1687	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014, 8:38 AM		
Muestreado por			Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Muestra 1, Tratamiento 2		
Tipo de muestra			Agua Residual con Biofermentos		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0004		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	3.2*10 <sup>4</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	3.2*10 <sup>4</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leandro Parra  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000113

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 26.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento dos.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0003

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	CÉLULAR
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauc@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
17/01/2014	20/01/2014	24/01/2014	04/02/2014	1687
Fecha y Hora de Muestreo		17/01/2014; 08:46 AM.		
Muestreado por		Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		Muestra 2, Tratamiento 2		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0005		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	170.85	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	36.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma. NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos realizados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguirre  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000122

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 27.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento dos.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0002	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN			TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Estelí			27197843	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación		xochilt-arauz@yahoo.es		
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO						
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS	
17/01/2014	17/01/2014	22/01/2014	03/02/2014	1687	Una (01)	
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014, 8:46 AM			
Muestreado por			Yarisa Rojas			
Supervisor de Muestreo en Campo			NR			
Fuente			Muestra 2, Tratamiento 2			
Tipo de muestra			Agua Residual con Biofermento			
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Estelí			
Coordenadas			NR			
Codificación PIENSA			LA-1401-0005			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION			
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	1.1*10 <sup>5</sup>			
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	7.0*10 <sup>4</sup>			
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>			

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta

Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leonardo Páramo  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000114

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 28.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento dos.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0003

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI / PNUD			UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:			CARGO	EMAIL	Célular
Ing. Xochilt Arauz			Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
17/01/2014	20/01/2014	24/01/2014	04/02/2014	1687	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014; 08:57 AM.		
Muestreado por			Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Muestra 3, Tratamiento 2		
Tipo de Muestra			Agua Residual		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0006		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	308.18		220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	101.66		110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

P.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000123

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 29.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento dos.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS				MB1401-0002	
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Estelí		27197843	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación		xochilt-arauz@yahoo.es	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	
INGRESO		INICIO DE ANALISIS		CADENA CUSTODIA	
17/01/2014		17/01/2014		1687	
FECHA y Hora de Muestreo		17/01/2014, 8:57 AM		NUMERO DE MUESTRAS	
Muestreado por		Yarisa Rojas		Una (01)	
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		Rango o valor máximo permisible *	
Fuente		Muestra 3, Tratamiento 2			
Tipo de muestra		Agua Residual con Biofermento			
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Estelí			
Coordenadas		NR			
Codificación PIENSA		LA-1401-0006			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	4.9*10 <sup>1</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	7.8*10 <sup>3</sup>		≤5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

COORDINACIÓN  
PhD. Ing. Leonardo Parra  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000115

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 30.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del tratamiento dos.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0003

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL	Célular	
Ing. Xochilt Arauz	Resp. Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
17/01/2014	20/01/2014	24/01/2014	04/02/2014	1687
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014; 09:10 AM.	
Muestreado por			Yarisa Rojas	
Supervisor de Muestreo en Campo			NR	
Fuente			Muestra 4, Tratamiento 2	
Tipo de Muestra			Agua Residual	
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli	
Coordenadas			NR	
Codificación PIENSA			LA-1401-0007	
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	380.03	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	174.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000124

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 31.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento dos.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0002
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Esteli		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia-Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es		
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
17/01/2014	17/01/2014	22/01/2014	03/02/2014	1687	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			17/01/2014, 9:10 AM		
Muestreado por			Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			Muestra 4, Tratamiento 2		
Tipo de muestra			Agua Residual con Biofermento		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0007		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	9.4*10 <sup>3</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	9.4*10 <sup>4</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Ing. Leandro Paramb  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0090117

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 32.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento dos.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0004

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochiltth_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
24/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	1693
Fecha y Hora de Muestreo		23/01/2014; 04:09 PM.		
Muestreado por		Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M1		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0025		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	354.48	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	24.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.   
 s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.   
 SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000130

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
 E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 33.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno de muestras de dos litros del tratamiento tres.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0007
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Estelí		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docente-Investigador	xochilt-arauz@yahoo.es		27197843
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
24/01/2014	24/01/2014	29/01/2014	03/02/2014	1693	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			23/01/2014, 4:09 PM		
Muestreado por			Yarisa Lisseth Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M1		
Tipo de muestra			AR		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Estelí		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0025		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	1.1*10 <sup>3</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	9.0*10 <sup>4</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000128 Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 34.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento tres.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0004

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO		FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:		
24/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	1693
Fecha y Hora de Muestreo		23/01/2014; 04:14 PM.		
Muestreado por		Yarisa Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M 2		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0026		
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
SM // EPA	PARAMETRO		M 2	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	399.20	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	38.40	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000139

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 35.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento tres.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0007
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Esteli		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docente-Investigador	xochilt-arauz@yahoo.es	27197843	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	03/02/2014	1693	Una (01)
24/01/2014	24/01/2014	29/01/2014			
Fecha y Hora de Muestreo			23/01/2014, 4:14 PM		
Muestreado por			Yarisa Lisseth Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M2		
Tipo de muestra			AR		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0026		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	4.9*10 <sup>3</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	3.3*10 <sup>3</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta

Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000129

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 36.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento tres.

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0004

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI / PNUD		UNI-RUACS, Esteli		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	CÉLULAR
Ing. Xochilt Arauz		Resp.Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
24/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	1693
Fecha y Hora de Muestreo		23/01/2014; 04:19 PM.		
Muestreado por		Yaritza Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M 3		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0027		
METODO	ENSAYO REALIZADO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
SM // EPA	PARAMETRO		M 3	
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	357.68	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	18.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000140

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 37.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento tres.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0007
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Esteli		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docente-Investigador	xochilt-arauz@yahoo.es	27197843	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS			
24/01/2014	24/01/2014	29/01/2014	03/02/2014	1693	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			23/01/2014, 4:19 PM		
Muestreado por			Yarisa Lisseth Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M3		
Tipo de muestra			AR		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0027		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	2.4*10 <sup>4</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	2.4*10 <sup>4</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta

Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000130

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 38.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cuatro litros del tratamiento tres.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0004

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA			DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento			TELÉFONO
UNI / PNUD			UNI-RUACS, Esteli			2719-7843
ATENCIÓN:			CARGO	EMAIL		Célular
Ing. Xochilt Arauz			Resp.Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO						
INGRESO:		INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:		FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
24/01/2014		24/01/2014	31/01/2014		04/02/2014	1693
Fecha y Hora de Muestreo			23/01/2014; 04:21PM.			
Muestreado por			Yarisa Rojas			
Supervisor de Muestreo en Campo			NR			
Fuente			M 4			
Tipo de Muestra			Agua Residual			
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli			
Coordenadas			NR			
Codificación PIENSA			LA-1401-0027			
METODO SM // EPA		ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art. No. *23
				M 4		
5220-C		Demanda Quimica de Oxigeno	mg/l	365.66		
5510-B		Demanda Bioquimica de Oxigeno	mg/l	29.20		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

≤ al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000141

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 39.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento tres.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0007
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI- PNUD		UNI-RUACS, Estelí		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docente-Investigador	xochilt-arauz@yahoo.es		27197843
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO			FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	03/02/2014	1693	Una (01)
24/01/2014	24/01/2014	29/01/2014			
Fecha y Hora de Muestreo			23/01/2014, 4:21 PM		
Muestreado por			Yarisa Lisseth Rojas		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M4		
Tipo de muestra			AR		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Estelí		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0028		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	3.5*10 <sup>4</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	2.4*10 <sup>4</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Parraño Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000431

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 40.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento tres.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0010

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO	
UNI-Esteli / PNUD		UNI-RUACS, Esteli de los Coquitos 1000 mts al sur, antigua hacienda el higo.		2719-7843	
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL		Célular
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
31/01/2014	31/01/2014	10/02/2014	13/02/2014	1701	Cuatro (4)
Fecha y Hora de Muestreo			30/01/2014; 04:19 PM.		
Muestreado por			Anayansi Corea Cruz		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M1, T4		
Tipo de Muestra			Agua Residual		
Observaciones de Ubicación			UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0046		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	M1, T4 630.38		220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	63.00		110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Limite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguileta  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI



Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

3000487

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 41.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de dos litros del tratamiento cuatro.



CERTIFICADO DE ENSAYOS						MB1401-0011
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN			TELÉFONO	
UNI, Esteli- PNUD		De los Caquitos 1000 m al sur, antigua hacienda El Higo			27197843	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación		xochilt-arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO						
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS	
31/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	04/02/2014	1701	Una (01)	
Fecha y Hora de Muestreo			30/01/2014, 4:19 PM			
Muestreado por			Anayansi Corea Cruz			
Supervisor de Muestreo en Campo			NR			
Fuente			M1, T4			
Tipo de muestra			AR			
Observaciones de Ubicación			NR			
Coordenadas			NR			
Codificación PIENSA			LA-1401-0046			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION			Rango o valor máximo permisible *
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>5</sup>			
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>5</sup>			
						<5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000132

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 42.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de dos litros del tratamiento cuatro.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0010

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI-Esteli / PNUD		UNI-RUACS, Esteli de los Coquitos 1000 mts al sur, antigua		2719-7843
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL		CÉLULAR
Ing. Xochilt Arauz	Resp. Lab. Agro Ind.	xochilt_arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISIÓN DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
31/01/2014	31/01/2014	10/02/2014	13/02/2014	1701
Fecha y Hora de Muestreo		30/01/2014; 04:19 PM.		
Muestreado por		Anayansi Corea Cruz		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M 2, T4		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0047		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	667.91	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	27.00	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.  
s al Límite de Detección que se especifica por parámetro. NE= No especificada en la Norma. NR= No Reporta.  
SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

1000488

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 43.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de tres litros del tratamiento cuatro.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0011
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO	
UNI, Estelí- PNUD		De los Caquitos 1000 m al sur, antigua hacienda El Higo		27197843	
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL		CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es		88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO					
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA CUSTODIA	NUMERO DE MUESTRAS
31/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	04/02/2014	1701	Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo			30/01/2014, 4:20 PM		
Muestreado por			Anayansi Corea Cruz		
Supervisor de Muestreo en Campo			NR		
Fuente			M2, T4		
Tipo de muestra			AR		
Observaciones de Ubicación			NR		
Coordenadas			NR		
Codificación PIENSA			LA-1401-0047		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>5</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	>1.6*10 <sup>5</sup>		
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>		

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilar  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000133

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 44.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de tres litros del tratamiento cuatro.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0010

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELÉFONO
UNI-Esteli / PNUD		UNI-RUACS, Esteli de los Coquitos 1000 mts al sur, antigua		2719-7843
ATENCIÓN:		CARGO	EMAIL	Célular
Ing. Xochilt Arauz		Resp. Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
31/01/2014	31/01/2014	10/02/2014	13/02/2014	1701
Fecha y Hora de Muestreo		30/01/2014; 04:19 PM.		
Muestreado por		Anayansi Corea Cruz		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M 3, T4		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0048		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	802.99	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	42.00	110

**LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS:** Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva. s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

**OBSERVACIONES:** La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilar  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

*Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.*

**0000189**

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 45.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cuatro litros del tratamiento cuatro.



CERTIFICADO DE ENSAYOS					MB1401-0011
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELEFONO	
UNI, Estelí- PNUD		De los Caquitos 1000 m al sur, antigua hacienda El Higo		27197843	
ATENCIÓN		CARGO		EMAIL	
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación		xochilt-arauz@yahoo.es	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO		FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS		CADENA CUSTODIA	
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	04/02/2014	1701	NUMERO DE MUESTRAS
31/01/2014	31/01/2014	04/02/2014			Una (01)
Fecha y Hora de Muestreo		30/01/2014, 4:22 PM			
Muestreado por		Anayansi Corea Cruz			
Supervisor de Muestreo en Campo		NR			
Fuente		M3, T4			
Tipo de muestra		AR			
Observaciones de Ubicación		NR			
Coordenadas		NR			
Codificación PIENSA		LA-1401-0048			
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION		
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	2.8*10 <sup>4</sup>		
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	4.6*10 <sup>3</sup>		
					≤5.0 * 10 <sup>3</sup>

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta  
Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

PhD. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000434

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 46.** Certificado de ensayo de Coliforme Total y Fecal en muestras de cuatro litros del tratamiento cuatro.

LABORATORIO AMBIENTAL

**CERTIFICADO DE ENSAYOS**

LA-AAR1402-0010

EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN: Calle, Municipio; Comunidad; Departamento		TELEFONO
UNI-Esteli / PNUD		UNI-RUACS, Esteli de los Coquitos 1000 mts al sur, antigua		2719-7843
ATENCIÓN:	CARGO	EMAIL	Célular	
Ing. Xochilt Arauz	Resp. Lab. Agro Ind.	xochilth_arauz@yahoo.es	88567046	
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				
INGRESO:	INICIO DE ANALISIS:	FINAL DE ANALISIS:	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	CADENA DE CUSTODIA
31/01/2014	31/01/2014	10/02/2014	13/02/2014	1701
Fecha y Hora de Muestreo		30/01/2014; 04:19 PM.		
Muestreado por		Anayansi Corea Cruz		
Supervisor de Muestreo en Campo		NR		
Fuente		M 4, T4		
Tipo de Muestra		Agua Residual		
Observaciones de Ubicación		UNI-RUACS, Esteli		
Coordenadas		NR		
Codificación PIENSA		LA-1401-0049		
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Art. No. *23
5220-C	Demanda Química de Oxígeno	mg/l	880.54	220
5510-B	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	126.00	110

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Se reporta por parámetro de acuerdo a la Unidad que se indica en la columna y línea respectiva.

s al Límite de Detección que se especifica por parámetro NE= No especificada en la Norma NR= No Reporta.

SM: Metodo Utilizado del Standard Methods 21st edition, 2005. \*Decreto 33-95 EPA = Environmental Protection Agency

OBSERVACIONES: La muestra fue recolectada, custodiada e ingresada al laboratorio por el cliente.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000100

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 47.** Certificado de ensayo de Demanda Química y Bioquímica de Oxígeno en muestras de cinco litros del tratamiento cuatro.



LABORATORIOS AMBIENTALES

CERTIFICADO DE ENSAYOS				MB1401-0011
EMPRESA / PROYECTO / PERSONA		DIRECCIÓN		TELÉFONO
UNI, Esteli- PNUD		De los Caquitos 1000 m al sur, antigua hacienda El Higo		27197843
ATENCIÓN		CARGO	EMAIL	CELULAR
Xóchilt Aráuz		Resp. Lab. Agroindustria, Docencia- Investigación	xochilt-arauz@yahoo.es	88567046
FECHAS DE PROCESAMIENTO DE MUESTRA EN EL LABORATORIO				Rango o valor máximo permisible *
INGRESO	INICIO DE ANALISIS	FINAL DE ANALISIS	FECHA DE EMISION DE CERTIFICADO DE ANALISIS	
31/01/2014	31/01/2014	04/02/2014	04/02/2014	
Cadena Custodia			1701	
Fecha y Hora de Muestreo				Una (01)
30/01/2014, 4:23 PM				
Muestreado por				
Anayansi Corea Cruz				
Supervisor de Muestreo en Campo				
NR				
Fuente				
M4, T4				
Tipo de muestra				Rango o valor máximo permisible *
AR				
Observaciones de Ubicación				
NR				
Coordenadas				Rango o valor máximo permisible *
NR				
Codificación PIENSA				
LA-1401-0049				
METODO SM // EPA	ENSAYO REALIZADO PARAMETRO	Unidad	VALOR DE CONCENTRACION	Rango o valor máximo permisible *
9221B	Coliforme total	NMP/100ml	5.4*10 <sup>3</sup>	
9221E	Coliforme fecal	NMP/100ml	9.3*10 <sup>2</sup>	
			≤5.0 * 10 <sup>3</sup>	

LEYENDA DE REPORTE DE RESULTADOS: Neg : Negativo, NR : No Reporta

Método Internacional Empleado: SM : Standard Methods, 21st. 2005

\*Decreto No. 33-95.

Los resultados reportados corresponden a los ensayos solicitados por el cliente

Ph.D. Leandro Páramo Aguilera  
Coordinador Técnico Laboratorios Ambientales PIENSA-UNI

Declaramos que este informe de resultados será de uso exclusivo del cliente, el laboratorio garantiza la confidencialidad e imparcialidad del informe.

0000135

Teléfono: 2278-1462 / 2270-5613 / 2270-1517 • Atención al Cliente: 8152 7314, Lab.: 8100 0421  
E-mail: atencion.cliente@piensa.uni.edu.ni • Web: www.piensa.uni.edu.ni • Managua, Nicaragua.

**Ilustración 48.** Certificado de ensayo de Coliforme Fecal y Total en muestras de cinco litros del tratamiento cuatro.



Universidad Jesuita  
UCA/CIDEA PG-17 FERC

**LABORATORIO CIDEA**  
**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS DE MICROBIOLOGIA**

Orden No. : 14-41.  
Cliente : UNI - PNUD  
Dirección : Estelí. De los coquitos 1000 m al sur.  
Descripción de la muestra : Biofermento a base de melasa, suero, abono orgánico  
Procedencia : UNI - PNUD  
Rotulación de la muestra : Biofermento  
Código de muestra : MIC-14-76.  
Fecha de muestreo : 20/02/14 Hora: 05:00 pm  
Fecha de recepción : 21/02/14 Hora: 09:00 pm.  
Fecha del ensayo : Del 21 al 26 de febrero 2014  
Fecha de entrega : 04/03/14.  
Muestra tomada por : Cliente.

ENSAYOS	MÉTODO	RESULTADOS	VALOR MÁXIMO ADMISIBLE*
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Fermentación de tubos multiples	0 NMP/100ml	No esp.
Recuento total de bacterias Heterótrofas	Placa difusa	4.0x10 <sup>3</sup> UFC/ml	No esp.
Recuento de mohos y levaduras	Placa difusa	0 UFC/ml	No esp.

**OBSERVACIONES:**  
\* Valor máximo admisible, No especificado en Normas Técnicas Nicaragüenses  
Los métodos validados por el Laboratorio corresponden a métodos publicados por la Food Drug Administration (FDA) y el Standard Method. 21th Edition, 2005.

**Declaración:** Este informe reporta, los resultados de la muestra enviada a nuestro laboratorio para su evaluación. Es nuestra política aplicar los métodos que cumplan los requisitos del cliente y sean apropiados para los ensayos.  
El cliente puede duplicar y/o publicar estos resultados únicamente en forma total.  
**NOTA: ESTOS RESULTADOS NO SON VÁLIDOS SIN LA FIRMA Y SELLO AUTORIZADOS POR LA DIRECCIÓN DEL CIDEA-UCA.**

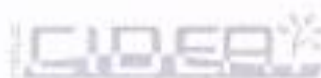
  
**Lic. Erick Sandoval Palacios**  
Responsable de la Calidad  
Laboratorio CIDEA-UCA

Cc. Arch.

===== ÚLTIMA LÍNEA =====

**Ilustración 49.** Informe de resultados de ensayo de microbiología del biofermento.





Universidad Josefa

UCA/CIDEA PG-17 FERC

**LABORATORIO CIDEA**  
**INFORME DE RESULTADO DE ENSAYOS DE MICROBIOLOGÍA**

Orden No. : 15-06.  
 Cliente : UNI Estelí.  
 Dirección : Antigua hacienda El Higo - Estelí  
 Descripción de la muestra : Biofermento; Melaza, abono orgánico, agua, semolina.  
 Procedencia : UNI - Estelí  
 Rotulación de la muestra : Biofermento  
 Código de muestra : MIC-15-15.  
 Fecha de muestreo : 09/01/15 Hora: 10:00 am.  
 Fecha de recepción : 14/01/15 Hora: 09:00 am.  
 Fecha del ensayo : Del 14 al 19 de enero 2015.  
 Fecha de entrega : 27/01/15  
 Muestra tomada por : Cliente.

ENSAYOS	MÉTODO	RESULTADOS	LÍMITE MÁXIMO PERMITIDO*
<i>Pseudomonas sp</i>	Numero más Probable	<1.8 NMP/100ml	No esp.
<i>Mohos y levaduras</i>	Placa difusa	0 UFC/g	No esp.
Recuento total bacteriano	Placa difusa	0 UFC/g	No esp.

**OBSERVACIONES:**

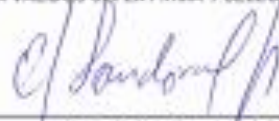
\* Límite Máximo Permitido según: No esp. = No especificado en Normas Nacionales

Los métodos validados por el Laboratorio, corresponden a los métodos publicados por el FDA y el Estándar Method, 21th Edition, 2005.

**Declaración:** Este informe reporta, los resultados de la muestra enviada a nuestro laboratorio para su evaluación. Es nuestra política aplicar los métodos que cumplan los requisitos del cliente y sean apropiados para los ensayos.

El cliente puede duplicar y/o publicar estos resultados únicamente en forma total.

**NOTA:** ESTOS RESULTADOS NO SON VÁLIDOS SIN LA FIRMA Y SELLO AUTORIZADOS POR LA DIRECCIÓN DEL CIDEA-UCA.

  
 Lic. Erick Sandoval Palacios  
 Coordinador del Laboratorio CIDEA-UCA.



Cc. Arch.

ULTIMA LÍNEA

**Ilustración 50.** Informe de resultados de ensayo de microbiología del biofermento de la II Fase